

(4) 雪害防止ネットの原理と実屋根への適用

The Principle of Snow Disaster Prevention Net and
its Application to a Prototype Roof

中 川 武 夫^{*}
Takeo NAKAGAWA^{*}

ABSTRACTS; A device melting snow on the roof named 'snow disaster prevention net' has been proposed. This device consists of net and rod essentially, where the roof is covered with the net and the rod is set beneath the net along the pitch of the roof. The mesh size of the net is small enough, so that the snow can not pass through the net, and thus a small space between the net and the roof is always maintained. Once the snow starts melting due to the solar heat or any other heat, the produced water will gather in this small space(or water lane), and then the water will flow through it. The amount of the water may increase as going from the ridge of the roof to the edge. When the water level becomes higher than the net, the water has a direct contact with the snow, so that the snow melting process characteristic to this device is operating: This process results in an additional amount of the water, to be used for melting another snow subsequently, and this process is repeated in many times.

It is found that this device is particularly useful to melt the snow at the edge of the roof that is the most critical part of the snow load on the roof, and can reduce the snow load by about 10-20 percents without any heat energy except the solar energy. KEYWORDS; Snow, Snow Melting, Snow Load, Roof Snow, Snow Disaster.

1 はじめに

屋根雪は北海道、東北地方などの寒冷地のみならず、福井、石川、富山など北陸の豪雪地帯の住宅密集地における生活環境あるいは経済活動上の大きな障害となっている。こうした屋根雪対策は大きく三つに分けることができる。第一は屋根雪の重さによる家屋の破損及び倒壊の防止であり、第二は屋根雪の滑落または投棄に伴う災害を防ぐことである。そして、第三は軒先の氷塊やつららの落下による事故を防止することである。また、屋根雪対策上の留意点として積雪荷重限度、必要経費、処理速度、除・排雪方法そして安全性が考えられる。ところで、家屋の破損あるいは倒壊を伴うような積雪荷重の限界値すなわち積雪荷重限度は長年月を経た木造家屋の場合には0.3トン/㎡程度であると報告されている。¹⁾ほとんどの豪雪地帯において積雪荷重限度を越える可能性があるため屋根雪対策の必要が生ずるのであるが、金沢市あるいはこれと隣接する鶴来町の平野部などのように積雪荷重限度を越えるのはごくまれで、むしろ屋根雪の滑落や軒先の氷塊の落下対策の方が切実であると考えられる地域もかなり存在する。このような地域における屋根雪対策においては積雪荷重限度を超過する積雪量だけをいかにして安全かつ経済的に融解せしめるかがその焦点である。

本論文の主な目的は以上のような現実的かつ社会的要求に応えるために著者によって考案・開発された雪害防止ネットの原理を紹介すること及び本装置の実用試験の結果の一部を報告することである。また、本装置と既存の雪処理技術とのシステム化に関する可能性についてもいくつかの検討を加える。

2 雪害防止ネットの原理

図1に雪害防止ネットの原理図を示した。雪害防止ネットの基本構成要素は屋根瓦の上面に張り合わされた網とその上から積雪荷重が加わった場合にも屋根瓦と網との間に融雪水が通り抜ける水路を確保できるように敷設されたパイプである。ここで、網目の大きさは積雪がこの間を通り抜けない程度に細かいことが必要である。

* 金沢工業大学 Kanazawa Institute of Technology

この結果、室内あるいは外気から屋根雪に伝達された熱エネルギーによって生成された融雪水がパイプに沿う水路に集められつつ屋根の棟から軒先へ向って流れることとなるわけである。このように集められた融雪水は軒先部の積雪を解かし去るばかりでなくいったん融雪水面が網面より高くなると融雪水温と雪温との間の温度差に相当する熱エネルギーが融雪水から雪に伝達されるためにさらに融雪が促進されることとなる。ところで、融雪の促進は融雪水量の増加をもたらす、この融雪水が再び融雪の促進するといった連続的な融雪過程が雪害防止ネット内部において進行するために熱源がいかにかかわらずともこの装置が有効に機能するのである。

3. 実験方法

本実験は石川県鶴来町明光地区の民家の屋根を利用して実施された。図2は雪害防止ネットを屋根の片面に敷設した状況を示した。ここでは三種類の雪害防止ネットの実用試験を実施した。各雪害防止ネットの大きさは幅0.68m、長さ5mである。右端の雪害防止ネットには網目寸法約4mmの菱形ビニール網が用いられ中央の雪害防止ネットには菱形ビニール網の上に網目寸法50mmの亀甲形ポリエステル・モノフィラメント網（東レ・モノフィラメント社製）を重ね合わせたものが用いられた。また、左端の雪害防止ネットには亀甲形ポリエステル・モノフィラメント網を用いた。さらに、雪害防止ネット敷設部の各屋根瓦中央部には融雪水の水路を確保するために外径32mmの硬質塩ビパイプを設置した。なお、雪害防止ネット敷設部左側の幅1.36m、長さ5mの部分は基準実験区域である。

実験期間は昭和60年12月12日から昭和61年3月8日までであり、この間2日ないし3日間隔で積雪深、雪温、室温、気温、融雪水温および雪の比重の測定を行った。これら諸量の測定は各測定日ごと13時から開始し1時間程度かけて行ったが、同時に目視による各部の融雪状況の詳細な観察と写真撮影も行った。なお、積雪深の主たる測定点は軒先部のP1-P13であるがこの部分に雪がない場合にはP1'-P13'あるいはP1''-P13''においてこの測定を行った。

4. 実験結果及び考察

ここでは紙幅の都合上昭和60年12月12日から26日までの実験結果に限定して議論することとする。図3に積雪深の場所及び日変化を示した。なお、この図の(a), (b), (c)にはそれぞれ雪害防止ネット下端から下方0.1m（軒先部）、上方0.1m、上方0.4mの測線上の積雪深がプロットされている。

12日の軒先部の積雪深は0.15m程度であるが、14日にはこの部分の雪及び雪害防止ネット下端から上方0.1mの測線上の雪は完全になくなっている。しかしながら、14日の雪害防止ネット下端から上方0.4mの測線上の積雪深はP1'及びP2'の2点においていずれも零であるがその他の点においては0.05m程度となっている。17日には再び降った雪によって軒先部の積雪深が全て0.3m以上となっている。19日から21日にかけて軒先部の積雪深は全体として減少し、とくにP1における積雪深がいずれの日にも最小となっている。図4は21日の屋根雪の状況を示す写真である。この写真から右端の雪害防止ネット敷設部の軒先の雪が完全になくなっているのにその他の部分の雪が依然として残っている状況を理解することができよう。24日には軒先の雪は完全になくなっているが雪害防止ネット下端から上方0.1mの測線上の積雪深はP1'とP2'の2点においていずれも零であるがその他の点においては雪がある。すなわち、右端の雪害防止ネット部P1'-P3'における積雪深が最も小さく、中央及び左端の雪害防止ネット部P4'-P8'の積雪深は0.07m程度となっている。また、この時の基準実験区域の積雪深は0.1m程度と最も大きいことがわかる。ところが、26日になるとこれら三本の測線上の雪がほとんどなくなっている。

図5には雪温、室温、気温、融雪水温及び雪の比重の日変化を示した。まず、気温の変化を見てみると、12日に0.6℃であったものが14日には1.8℃までに上昇している。この間に図3において指摘したように軒先部の積雪が完全になくなった。ところが、寒波の再襲来に伴って17日には気温が0℃に下がる

とともに積雪深も図3のように急増したが、以後は気温がどんどん上昇し21日には10℃に達した。そして、24日には2.9℃、26日には8.5℃と気温の変動はあったもののこの間に屋根雪の融解が進行し、26日にはほとんど屋根全面の積雪がなくなった。図5からわかるように室温と融雪水温はいずれも気温と同様な日変化を示すが温度の大小関係は一般に大きい方から室温、気温、融雪水温の順となっている。なお、このように室温が気温に追従して変わる理由は本実験に使用した屋根の下の部屋において暖房を一切使用しなかったからである。雪温は12日に-0.5℃であったが、以後徐々に上昇し21日に0℃となり、この温度が26日まで変わらないことがわかる。一方、雪の比重の平均値は0.52であるが、新雪が降った直後の17日には0.18と特に小さい値を示しているが雪の融解が進行した26日には0.69まで増加している。

図6に雪害防止ネット敷設部の代表点P1と基準実験区域の代表点P13における積雪荷重の日変化を示した。この図の中には積雪荷重限定の推定値¹⁾も同時に示されている。図6から明らかなように積雪荷重が小さい場合には雪害防止ネットの効果はほとんど認めることができないが、積雪荷重が大きくなった19日には7.4%、21日には19%も積雪荷重を下げる事がわかる。この効果は天然の熱エネルギー以外には外部から特別な融雪用の熱エネルギーを加えていないことを勘案すると注目に値するものと考えられよう。なお、図6に示した期間のみならず本実験の全期間にわたって積雪荷重は常にその限度推定値0.3トン/㎡以下であったにもかかわらず、本実験地区周辺の住民はこの間各戸あたり2～3回の雪おろし作業を行っている実態を考えると今後図6に示したような積雪荷重の定量データを豪雪地帯の各地域ごと収集しこれを一般公表していく必要性が痛感される。

5 雪害防止ネットの活用方法

現在までに知られている屋根雪処理技術には自然落下、人力による雪おろし、地下水散布等の全量処理方式と屋根裏暖房、電気融雪瓦、面発熱体等による部分融解方式²⁾がある。自然落下は屋根の勾配と³⁾葺材を適当に選び屋根雪を自然に滑落させる方法である。この方法は地球の重力がその動力であるので経費はいらないが、滑落した屋根雪が隣家の窓ガラス、雨戸等を破損しないように建物の周辺に十分な空地を確保する必要がある。人力による雪おろしは現在雪国において最も一般的に行われている方法であるが雪捨場のスペースが限られている住宅密集地等においては屋根から地面におろした雪の後始末が大きな問題となっている。地下水散布は屋根雪を地下水の有する熱エネルギーで融解し水に変えてしまうので雪捨場に乏しい地域では特に望ましい方法であるが、この反面地下水をくみ上げるための経費がかさむうえに地下水の枯渇が社会問題化している現状ではこの方法を普及するにはかなり無理がある。ちなみに、地下水をくみ上げるための井戸一本の掘削費は5千万円程度であり、温度が-2℃の屋根雪1トンを融解するのに水温10℃の地下水が8トン程度必要である。また、東北、北海道などの寒冷地においては散布した水が凍結するのでこの方法を採用することができないし、凍結しない場合でも散布した水が雪に吸収される結果一時的に屋根雪荷重が増加するといった欠点もある。一方、積雪荷重限度を越える屋根雪を熱を加えることによって融解する屋根裏暖房、電気融雪瓦、面発熱体等による方法はいずれも設備費、電気料などの費用がかさむために、これらの方法は積雪荷重のかかりやすい軒先等の局所的屋根雪処理にその適用を限定せざるをえないのが実状のようである。

雪害防止ネットは積雪荷重限度を超過する積雪量を室内暖房の排熱を再利用して融解できる程度の豪雪地帯に最も有効であるが、この装置を地下水散布、屋根裏暖房、電気融雪瓦あるいは面発熱体と組み合わせることによって積雪荷重限度を大幅に超過するような豪雪地帯にも適用できるような屋根雪処理システムを構築することが可能である。すなわち、第2章の雪害防止ネットのところでのべたようにこの装置はパイプに沿って流れる融雪水量が増加すればするほどその融雪効率が高くなるので上に掲げたような既存の融雪装置と適当に組み合わせることによって安全性、経済性に富むばかりでなく除・排雪のための選搬作業が不要である

ような雪国に住む人々にとって極めて魅力的な屋根雪処理システムの基本構成要素として雪害防止ネットを位置づけることができる。

豪雪地帯においては屋根雪ばかりではなく屋敷内あるいは道路の雪もまたそこで生活する人々の生活環境あるいは経済活動に対してさまざまな障害となつてゐる。著者は雪処理問題の根幹は雪の重量と体積の大きさにあると信じてゐる者の一人である。換言すれば、雪を水に変えて流し去ることによつてのみ雪処理問題の抜本的解決が可能であるものと考えてゐる。また、著者は雪処理問題を考えるうえで解かされるべき雪の源が水であるという着眼の重要性を認識してゐる一人でもある。著者はこのような視点に立つて考案・開発された網状板融雪法³⁾によつて少量の流水で多量の雪を解かすことが可能であることを実水路内で行われた実用実験によつて証明した。ここで、網状板融雪法とは排水路、用水などの水路に沿つて網状板を敷設することによつて水路を二つに分離しその一方に解かされるべき雪を投入し、他方を水路として確保し、流水から雪に伝わる熱エネルギーによつて雪を解かす方法である。網状板融雪法の場合にも雪害防止ネットの場合と同様にその融雪過程において新たな水を生産することが特徴である。すなわち、雪害防止ネットにおいて新たに生産された融雪水をいったん³⁾といふ樋によつて集めたのち管を経て側溝に導きこれを網状板融雪に用いるといふ融雪システムを構築することによつて屋根、屋敷、道路の雪を融雪しつつ冬の枯渇しがちな水資源の生産も同時に可能となるものと考えられる。このような融雪システムがもし実現すれば雪国に住む人々の冬の生活環境改善に大きな寄与をすることは疑いのないところである。

6 結 論

本研究を通じて得られた知見を要約すると次のようになる。

- 1) 雪害防止ネットは軒先の雪から順々に棟の方へ向つて屋根雪を解かしていく効果があることが明らかとなつた。したがつて、屋根雪による家屋の倒壊よりむしろ軒先の局所的破損対策の方が重要であるような豪雪地帯において特に有効な融雪方法であることが明らかとなつた。
- 2) 豪雪防止ネットに用いられる網目寸法に上限値があることが明らかとなつた。すなわち、網目寸法が上限値以下の場合に限つて雪害防止ネットの融雪効果が期待できるわけである。たとえば、本実験に用いられた網目寸法約4mmの網を用いた場合には天然のエネルギー以外に外部から全く熱エネルギーを加えない場合でも雪害防止ネットによつて積雪荷重を10～20%程度減少させることができることが明らかとなつた。
- 3) 雪害防止ネットは積雪荷重限度を越える程度と頻度が比較的少ない金沢市とか小松市等の豪雪地帯において特に有効な屋根雪処理方法であることが明らかとなつたが、この装置を既存の屋根裏暖房、電気融雪瓦等と組み合わせることによつて東北、北海道などの寒冷地で、かつ積雪荷重限度を大幅に超過するような豪雪地帯にも適用できるような全く新しい屋根雪処理システムを構築することが可能であることが示唆された。

7 謝 辞

本研究の実施にあつて東レ・モノフィラメント株式会社から実験材料及び資料等の提供を、また同社の椿修氏、星合多津二氏からは実験の準備等種々の援助を受けた。ここに、深く感謝の意を表わす次第である。

8 参考文献

- 1) 古川巖、絵とき積雪学、雪と生活、1950年、№1、P8
- 2) 新防雪工学ハンドブック、日本建設機械化協会編、森北出版、1977年、PP. 268-275
- 3) 中川武夫、消融雪ネットの原理と実水路への適用、合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、土木学会、昭和61年9月

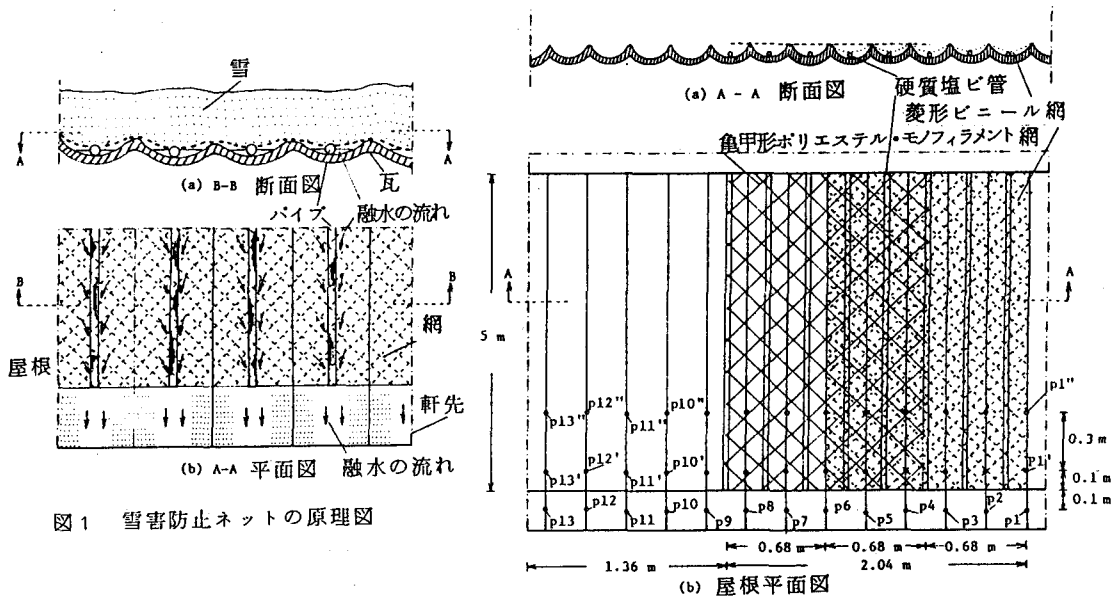


図 2 雪害防止ネットの敷設状況

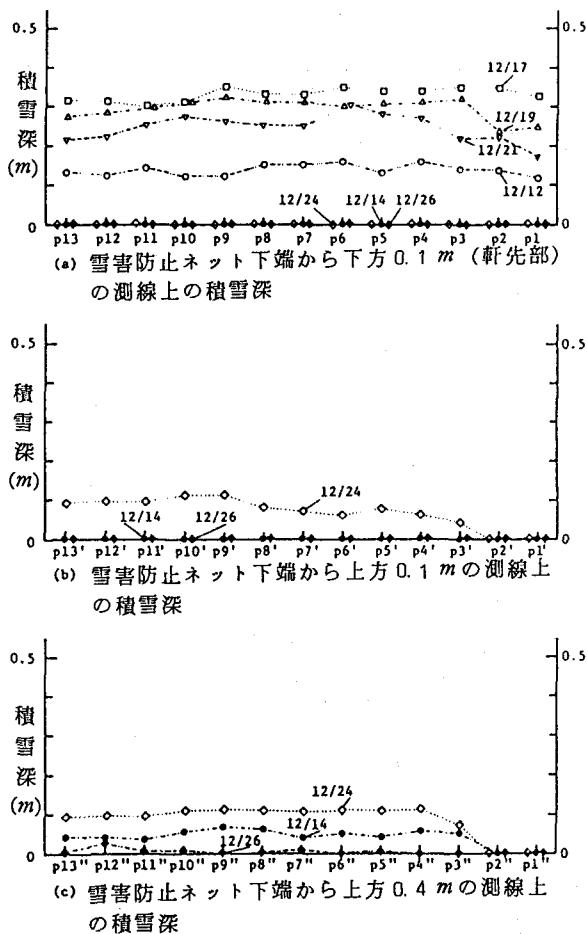


図 3 積雪深の場所および日変化



図4 屋根雪の状況
右から2枚目、3枚目および4枚目の瓦の上方に菱形ビニール網を用いた雪害防止ネットが敷設されている。

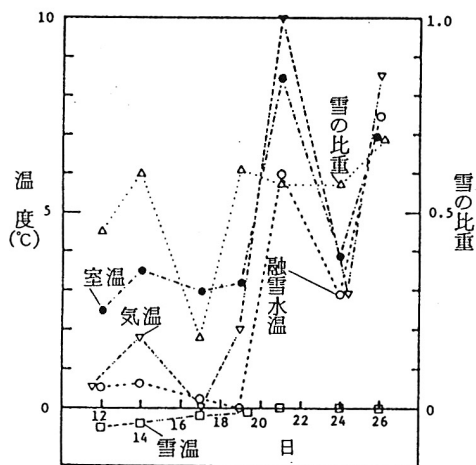


図5 各種温度および雪の比重の日変化

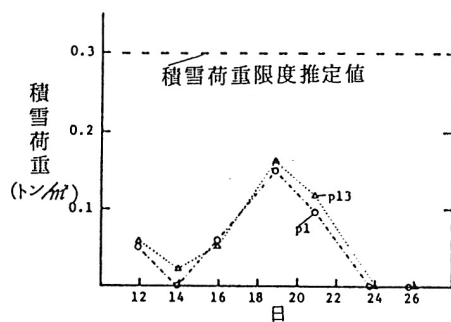


図6 積雪荷重の日変化