

膜屋根の雪処理に関する屋外実験について

○荒島 裕重, 伊東 敏幸, 苫米地 司 (北海道工業大学)

1. はじめに

近年、積雪地域に膜屋根を持つ大規模構造物が多く建設されている。このような構造物の中では、冬期間の屋根上積雪により屋根雪処理が出来ずに、膜屋根の特徴である室内空間への採光を生かせない例がいくつかみられる。この現象の要因は、筆者らの研究によると図1に示す滑雪抵抗力の発生がある¹⁾。滑雪抵抗力の低減方法としては屋根雪の分割処理を行うことが必要であると考える。

このような背景から本実験は昨年度に引き続き²⁾、V字屋根における屋根雪の分割処理方法に関する基礎資料を得ることを目的に、石川県小松市に建設中の大規模ドームをモデルに屋外実験を行った。

2. 実験方法

2-1. 屋外試験体および観察方法の概要

屋根上積雪状況の観察は、石川県小松市大杉に設置した屋外試験体を対象に行った。屋外試験体の概要を図2に示す。図のように試験体の滑雪面は、現在建設中ドームの1/2スケールでV字状に膜を張り各V字部分で雪を分割処理できる形状とした。試験体にはA種膜材(四ふっ化エチレン樹脂コーティングガラス繊維布)を用いた。試験体上の積雪状況は、試験体から約10m離れた高さ約5.4mの位置にタイムラプスビデオを設置し2秒間隔で観測した。積雪状況は、屋根勾配を桁行方向0°滑雪方向25°、20°、10°および桁行方向10°滑雪方向20°の4種類とし、暖房のある場合と無い場

合について観測した。膜面および膜面近傍温度は図に示す位置に置いて熱伝対を用いて観測した。観測期間は、1994年12月27日～1995年3月7日と1995年12月26日～1995年3月11日までの期間である。

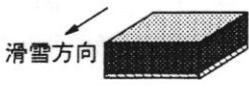
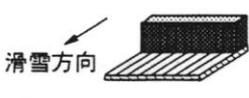
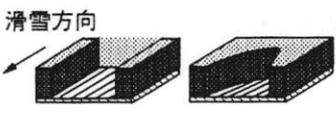
滑雪状態	主な滑雪抵抗力
	・凍着強度
	・上部雪の引張力 ・静摩擦抵抗力
	・上部雪の引張力 ・雪のせん断力 ・静摩擦抵抗力

図1：滑雪状態の模式図

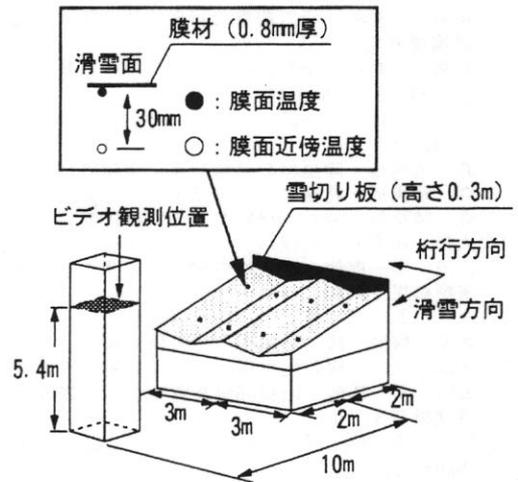


図2：試験体の概要

2-2. 観察期間の気象条件

試験体を設置した小松市大杉における観測期間の降積雪深および外気温は、石川県土木事務所の雪量観測情報から収集した。これらの観測資料は1時間毎の観測値である。現地の風速は極めて弱いため、試験体上の積雪深は滑雪および融雪終了までの累積積雪深とした。

3. 実験結果

3-1. 観測地域における気象条件

1時間当たりの降雪量と発生回数の関係を図3に示す。図のように1~2cmの降雪量が最も多く、1995年の1cm以上の降雪は180回で累積降雪深が405cm、1996年の1cm以上の降雪は333回で累積降雪深が522cm観測されている。一般に、1時間当たりの降雪量は降水量に換算すると、通常1~2mmで10mm以上になることは稀である³⁾。本観測期間の最大降雪量8cmは、雪密度を0.15g/cm³と仮定した場合降水量に換算すると12mm/hとなる。これは1時間当たりの降雪量としては極値に近い値が観測されたことになる。

小松市大杉の外気温と降雪深の関係を図4に示す。図のように、本観測期間の降雪時の外気温は0℃前後で推移する 경우가多く、-2℃以下での降雪は3回しか観測されなかった。筆者らの研究によると⁴⁾、滑雪抵抗力として最も大きな屋根葺材と屋根雪との界面に発生する凍着強度は-2℃以下になると急激に減少することから、本実験で得られる滑雪現象は凍着現象の影響が小さいと考える。

3-2. 膜屋根上における積雪状況の観察結果

膜屋根の積雪状況を観察すると、滑雪現象は暖房を行って無い場合に発生している。

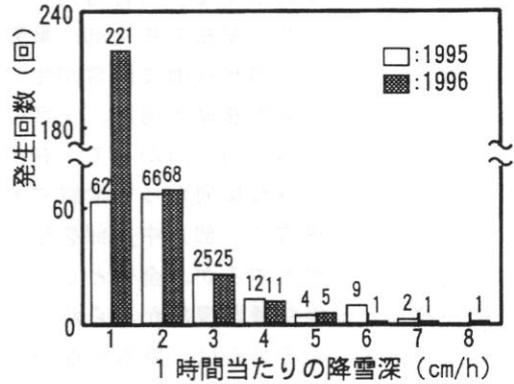


図3：1時間当たりの降雪量と発生回数の関係

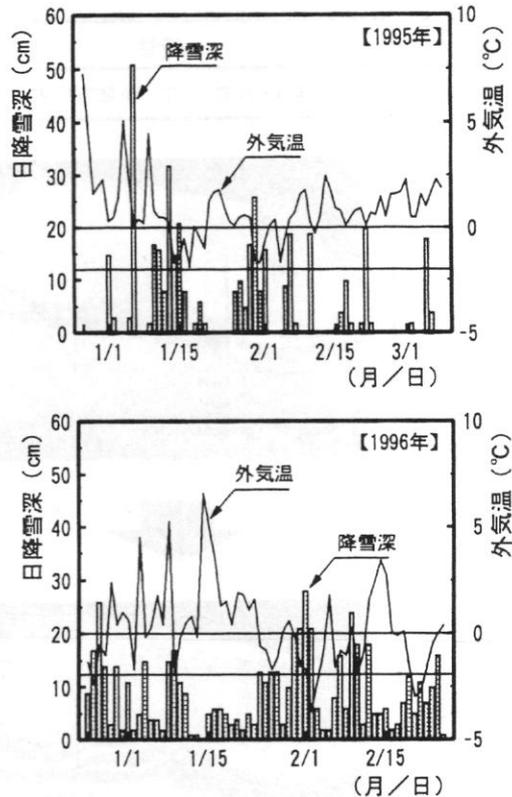


図4：日降雪深と外気温の推移状況

桁行方向0°の場合、V字屋根の中央部に亀裂が入りV字状の谷部へ移動しながら左右のいずれかの屋根で滑雪が生じ、残りの屋根雪が追従するように滑雪することで屋

根面全体の滑雪が終了する。桁行方向 10° の場合(図5), V字屋根の中央部に亀裂が入り, 左のV字状の屋根面で滑雪が生じる。この時の屋根雪の移動方向は, V字の左の膜面の雪が滑雪方向に向かって, 右の膜面の雪がV字の谷部に向かって滑雪する。その後, 右の屋根雪の一部が中央部を越えて左の屋根面を滑雪するが, 全体としては左の屋根面と同様な滑雪現象がみられる。

暖房を行っている場合は, 降雪状況や外気温によって異なるが, 融滑雪あるいは融雪現象が発生している。融滑雪現象をみると桁行方向 0° の場合, 屋根雪全体が融雪

によりV字状の谷部に向かって移動すると同時に, 軒先に巻きだれが発生し落雪する。屋根勾配が滑雪方向 20° 以上では, 1日以内で全ての屋根雪が落雪するが, 滑雪方向 10° では落雪に4日程度要する場合もみられた。桁行方向 10° の場合(図5), 滑雪する場合と同様な屋根雪の移動により全ての屋根雪が落雪している。また, 融雪現象をみると降雪が発生してから暖房を行っても, 降雪深が15cm程度であれば完全に融雪されている。

以上のことから, 滑雪および融滑雪で屋根雪を処理する場合, 膜材をV字状に張る

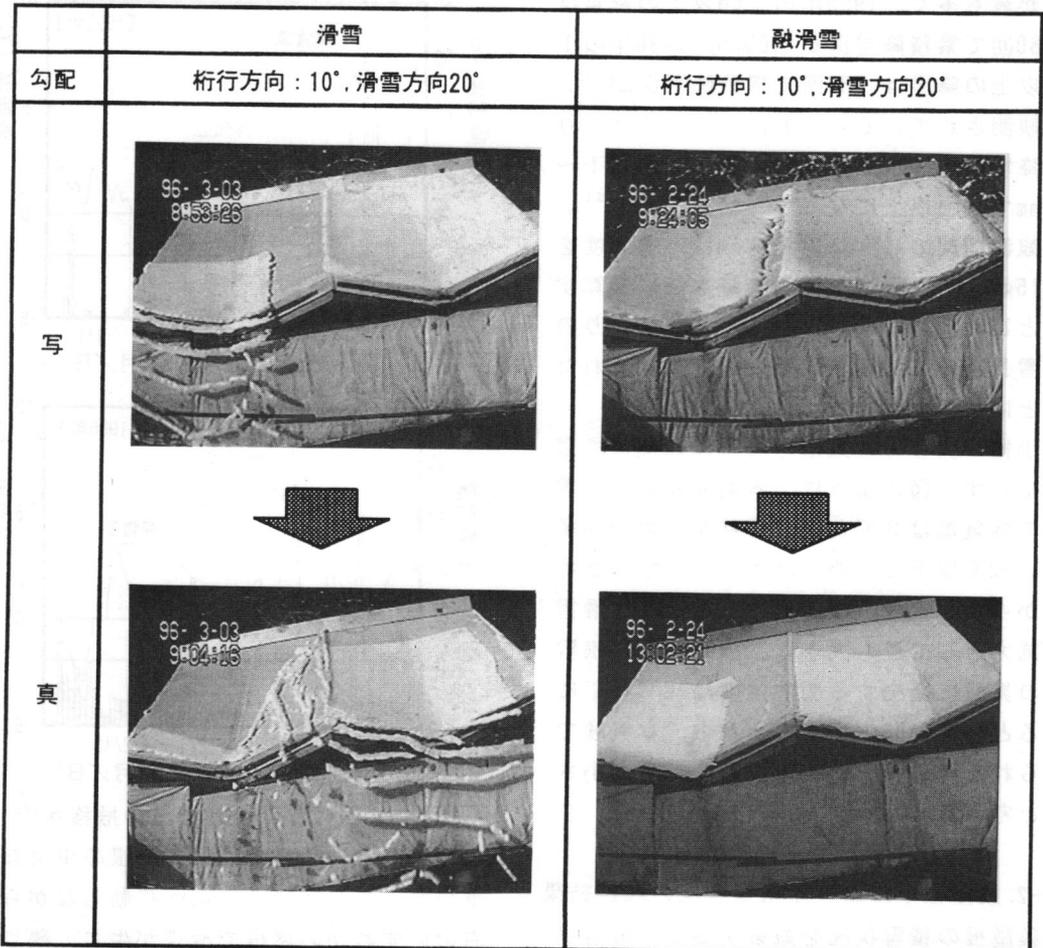


図5 : 滑雪および融滑雪現象

ことは屋根雪を分割処理する有効な方法と考える。

次に、滑雪および融滑雪現象が発生した場合の累積積雪深と膜面および膜面近傍温度との関係を図6に示す。図のように滑雪現象はいずれの積雪深においても膜面および膜面近傍温度が0℃前後で発生している。融滑雪現象は膜面および膜面近傍温度が-1～23℃の広範囲に分布している。これは屋根雪の移動状況が極めて緩慢で、落雪終了するのに6時間から数日要しているためと考える。

融雪した場合の1時間当たりの降雪量と膜面および膜面近傍温度との関係を図7に示す。図のように観測値にバラツキがみられるものの膜面温度7.5℃以上、膜面近傍温度15℃程度あれば降雪の深さ6cm/h程度の降雪は融雪可能であると考えられる。

4. まとめ

本実験はV字屋根を持つ大規模構造物をモデルに屋根雪処理に関する基礎資料を得ることに目的に屋外実験を行った。その結果、以下ようになった。

- 1) 膜材をV字状に張ることは、屋根雪を分割することが可能であり、滑雪あるいは融滑雪現象を促すことが出来る。
- 2) 滑雪方向が20°以上であれば1日以内で全ての屋根雪が滑落雪するが、滑雪方向10°では屋根雪を処理するのに4日程度要する。
- 3) 暖房を行った場合、1時間当たり6cm程度の降雪であれば融雪可能である。

以上のことから、膜材をV字状に張り暖房を行うことは屋根雪を処理する有効な方法と考える。なお、屋外実験にの観測には小松市立大杉青年の家の方々にご協力いただきました。

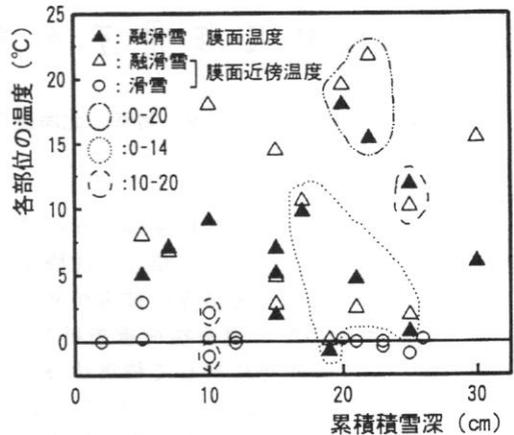


図6：滑雪および融滑雪の場合における累積積雪深と各温度との関係

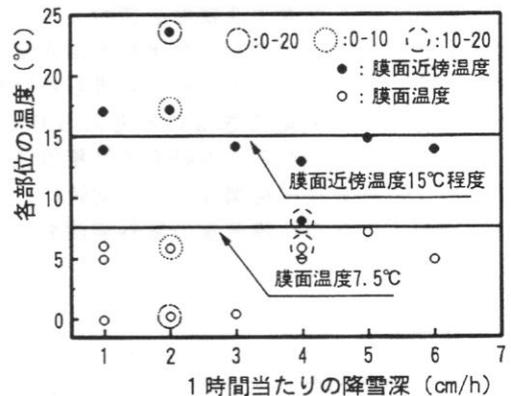


図7：融雪の場合における1時間当たりの降雪深と各温度との関係

【参考文献】

- 1) 苫米地 司他：膜構造物における滑雪現象に関する一考察，膜構造物研究論文集 '94, No. 8, pp. 103-110, 1994. 12
- 2) 苫米地 司他：開閉機構を持つ膜屋根構造物の開発，日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 767-768, 1995. 8
- 3) 日本雪氷学会編：雪氷辞典, pp. 27, 1990. 10
- 4) 苫米地 司他：屋根上積雪荷重の制御に関する基礎的研究，日本雪氷学会誌氷雪 56巻3号, pp. 215-222, 1994. 9