

ガラス屋根の滑雪性状について

○苫米地 司, 伊東 敏幸, 山口 英治, 橋本 茂樹, 星野 政幸 (北海道工業大学)

1. はじめに

近年, 積雪地域では明るい空間を求めて, 各地で膜構造物などの体育施設や商業施設が多く建設されている。商業施設では, さらに明るい空間を求めて, ガラス屋根を用いる例も見られてきた。しかし, サッシ周りに雪が残ることやガラス面に着雪するなどの問題が発生している。このようなことから, 本実験は, 実大モデル試験体を用いてガラス屋根の滑雪性状に関する資料を得ることを目的として実施した。

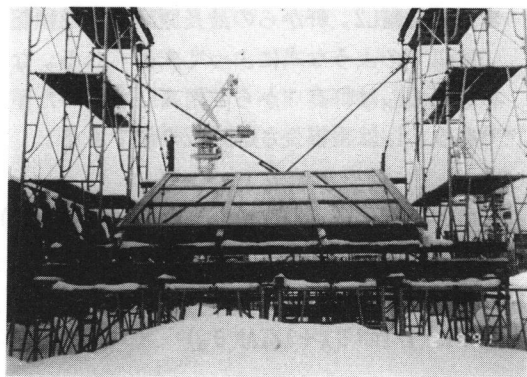


写真1 試験体の概要

2. 実験方法

ガラス屋根の滑雪および融雪実験は, 写真1に示す9つのユニットで構成された実物大の試験体を用いて実施した。

1) 滑雪実験

滑雪実験に用いた試験体は, サッシ縁が直角 (一般的に用いられているサッシ形状) な場合とサッシ縁に傾斜を付けた場合の2種類とした。なお, 写真2および図1に示すように, 所定の角度で折り曲げたフッ素樹脂コーティング鉄板を取り付けてサッシ縁の傾斜を変えた。これらの試験体を用いて, 図2に示す雪ブロックで滑雪実験を実施した。雪ブロックは骨材のふるい分け試験に用いる「10mmふるい」でふるいながら作製した。実験は, 同一条件で3回実施した。各雪ブロックの積雪密度はスノーサンプラーで測定した。

2) 融雪実験

融雪実験は, 試験体の内部温度をガラス屋根を用いる場合の一般的な温度条件に設定して, 自然降雪の中で実施した。試験体の温度は, 熱伝対をガラス面や試験体内部に取り付

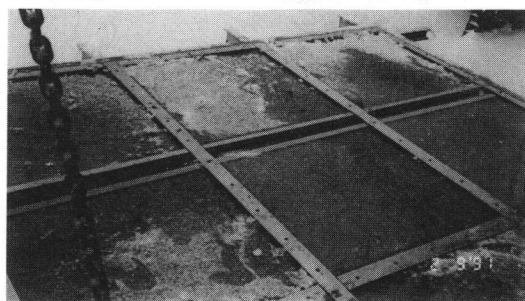


写真2 サッシ縁に鉄板を取り付けた状況

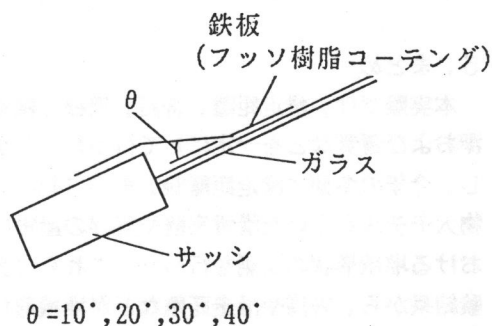


図1 サッシ縁の詳細

けてサーモダックで連続的に測定した。

3. 実験結果

3.1 滑雪実験結果

雪ブロックを用いた滑雪実験の状況を写真3に示す。雪ブロックはふるいを用いて、ガラス面に人工的に10cm, 20cmおよび30cmの降雪状態を再現した。その後、これらの雪ブロックを30分間凍着させてから、ヒーティングを開始して滑雪するまで試験体の傾斜角を増加させた。サッシ縁の角度は、 10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 90° の5種類とした。実験条件は、雪ブロックの積雪密度 $0.15 \sim 0.20$ 、外気温 $-2.0 \sim -3.0^{\circ}\text{C}$ 前後とした。

滑雪状況を試験体の勾配とサッシ縁の角度(θ)の関係からみると、図3となる。図のように、 θ の増加に伴って滑雪する場合の試験体傾斜角が増加する傾向を示す。 θ の値が 20° 以上になると、試験体の傾斜角 $>$ サッシ縁の角度(θ)の場合に全ての実験で滑雪する。

積雪深と滑雪角度との関係を見ると、図4となる。図のように、積雪深の増加に伴って試験体の傾斜角が減少する傾向を示す。積雪深20cmを越えると、いずれの実験においても滑雪したが、積雪深10cmでは滑雪しない場合もある。これらの結果から判断すると、積雪深10cm以下では滑雪が期待できないと考える。

次に、融雪時間とサッシ縁角度(θ)との関係を見ると、図5となる(試験体の傾斜角 20°)。図のように、 θ の値が増加するに伴い融雪時間が増加する傾向を示す。滑雪までの状況と滑雪後のガラス面を観察すると、融雪水がにじみ出でから徐々に移動し、滑雪している。滑雪後のガラス面をみると、融雪水が付着しており、サッシ縁には融雪水が溜った状態となっている。雪ブロックのサッシ縁周辺を切り落として詳細に観察すると、融雪

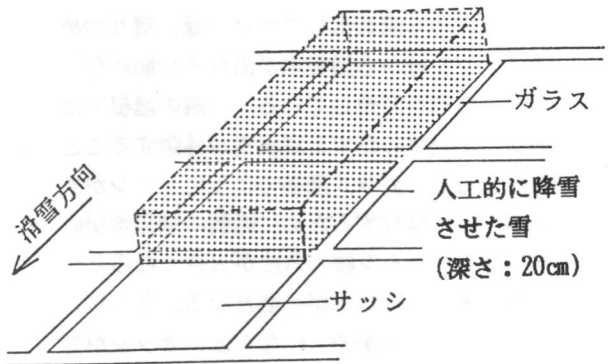
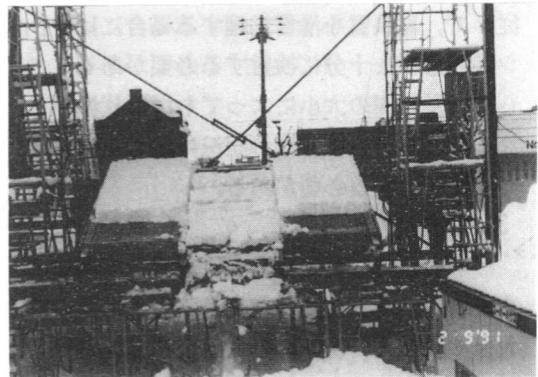
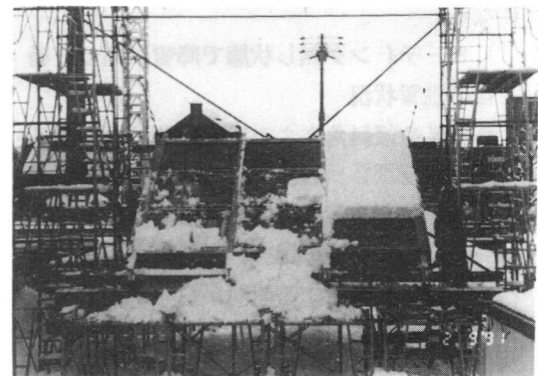


図2 雪ブロックの概要



外気温: -2.0°C 、傾斜角: 20° 、右側 $\theta=40^{\circ}$
中央 $\theta=20^{\circ}$ 、左側 $\theta=30^{\circ}$

写真3 雪ブロックの滑雪状況



外気温: -2.0°C 、傾斜角: 30° 、右側 $\theta=40^{\circ}$
中央 $\theta=20^{\circ}$ 、左側 $\theta=30^{\circ}$

写真4 雪ブロックの滑雪状況

水が上方から流れ出してサッシ縁に溜り始める。サッシ縁から融雪水が溢れる状態になってから移動を開始している。一般の屋根では融雪水が発生しだすと屋根雪が移動することを考えると、ガラス屋根のようにサッシがある場合には滑雪するために過剰の融雪水が必要になる。サッシ縁の角度が大きくなると、さらに多くの融雪水が必要となる。さらに、サッシ縁の角度が 90° になると、サッシが雪止めとなり滑雪しない状態となる。

このように、滑雪性状にサッシの形状が大きく影響を与えていることが明らかである。従って、屋根雪を滑雪処理する場合にはサッシ縁の形状を十分に検討する必要がある。さらに、積雪深の大小によっても滑雪状況が異なることから、積雪深の状況に応じた雪処理方法を検討する必要がある。

3.2融雪実験結果

融雪実験の状況を写真4に示す。写真に示すように、サッシ縁の形状や降雪量によって大きく異なる。これらの融雪の状況をガラス面の温度変化でみると、図6となる。図のように、ガラス面の融雪が進むと温度が上昇して室温に近付いていく。この現象をもとにガラス面の融雪状況を整理すると、以下のようになる。

1) ヒーティング無し状態で降雪があった場合の融雪状況

- ・外気温や傾斜角によって融雪状況が異なるが、降雪深5cm程度で1時間30分、降雪量10cm程度で4時間程度で融雪する。
- ・同程度の降雪量の場合、傾斜角が大きいほど融雪に必要とする時間が短い、サッシ部分に雪が残る。

2) ヒーティング中に降雪があった場合の融雪状況

- ・降雪時の外気温が -2.0°C 以上の場合、降雪量10cm程度までは、融雪してガラス面への

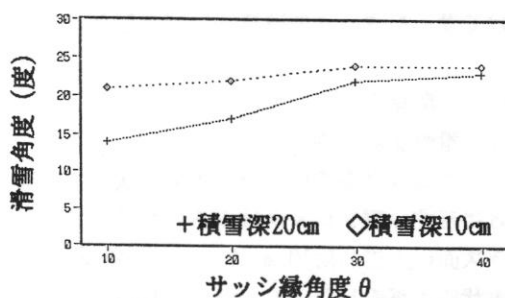


図3 試験体の勾配とサッシ縁傾斜角との関係

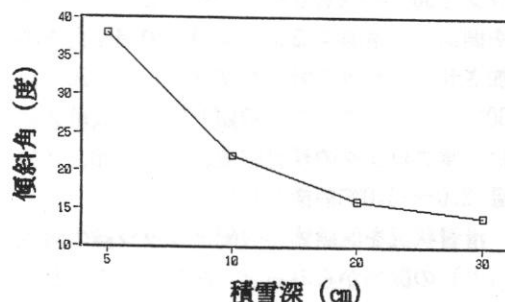


図4 積雪深と滑雪角度との関係
(サッシ縁角度 $\theta=20^{\circ}$ の場合)

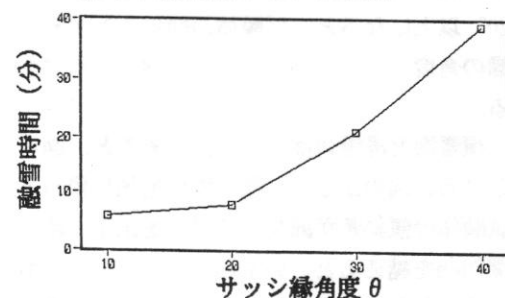


図5 融雪時間とサッシ縁角度との関係
(サッシ縁角度 $\theta=20^{\circ}$ の場合)

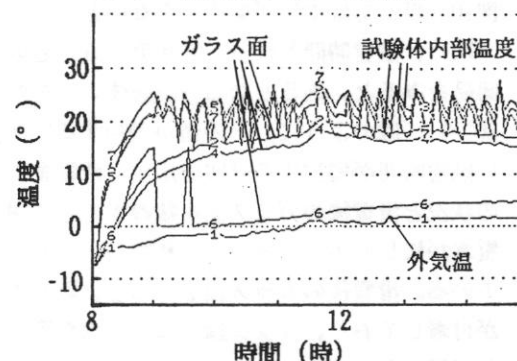


図6 ガラス面および試験体内部温度の推移状況

着雪はない。

- ・降雪時の外気温が -2.0°C よりも低くなると、降雪量 10cm 以下でもガラス面へ着雪する。
- ・降雪量が 10cm を越えると、外気温が 0°C 前後でも着雪する。
- ・前述1)と同様に、同程度の降雪量の場合、傾斜角が大きいほど融雪に必要とする時間が短い、サッシ周辺に雪が残る。

3) 降雪が連続的に続いた場合の融雪状況

- ・連続的に降雪が続き、降雪量 10cm 以上になると着雪する場合が多い。特に、外気温が -2°C 以下の場合に顕著である。
- ・着雪した雪は、ヒーティング後5時間以内に融雪している。しかし、降雪量が 10cm を越えると、サッシ周辺に雪が残る。
- ・サッシ縁の $\theta=20^{\circ}$ にすると、降雪量が 10cm 以上の場合でも融雪しながら滑雪するため、着雪する場合が少ない。
- ・前述1)、2)と同様に、同程度の降雪量の場合、傾斜角が大きいほど融雪に必要とする時間が短い、サッシ周辺に雪が残る。

4. まとめ

一般に用いられているサッシ縁形状の場合、降雪深 10cm 以上になるとガラス面に雪が残る現象がみられる。一方で屋根勾配が 15° 以上になると、ガラス面の雪が移動する現象がみられることから、サッシ縁形状を滑雪を促進するような形状に変えることが望ましい。現状のサッシ縁形状の場合、サッシ縁部分に融雪水が溜り、氷板が形成されることがある。この氷板は、雪処理を考える場合に非常に扱い難いことからサッシ縁部分に融雪水が溜らないような形状にすることが望まれる。また、過剰なエネルギーを与えると、サッシ部分に空洞が形成されて融雪が進まなくなるので、雪の融解に必要な最小限度のエネルギー供給をすることが望まれる。

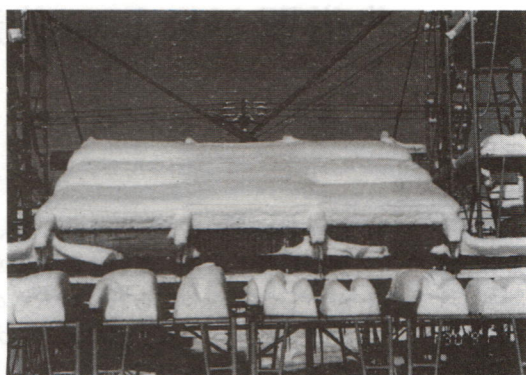


写真5 連続的な降雪によってガラス面に着雪した状況

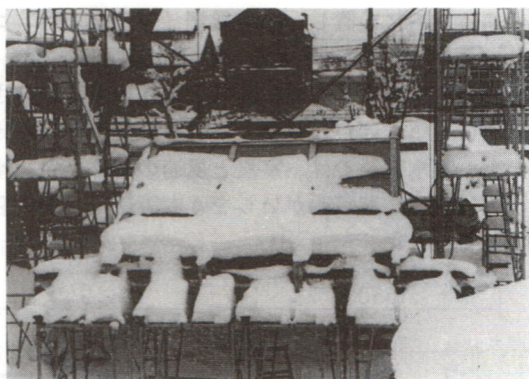
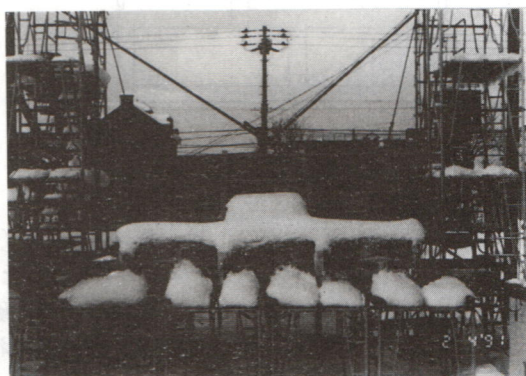


写真6 ヒーティングによって部分的に融雪した状態



傾斜角 20° ， $\theta=20^{\circ}$ ，試験体下方のサッシ縁 $\theta=90^{\circ}$

写真7 サッシ縁を変えた場合の融雪状況