

# 膜構造物における屋根上積雪荷重の制御に関する研究

— 膜材と雪の凍着過程および凍着強度について —

苫米地 司\*1

山口 英治\*2

## 梗 概

本研究では、膜構造物における屋根上積雪荷重の滑雪制御方法を確立することを目的に、滑雪時の抵抗力の中で最も大きい凍着強度の形成過程および凍着強度と表面性状との関係について検討した。その結果、凍着過程における膜材上の水分量、実験温度、表面自由エネルギーおよび表面粗さ等の表面性状が凍着強度に大きく影響を与えることが明らかとなった。さらに、膜材における凍着強度が他の屋根葺材よりも小さく、膜材と同様に透明天蓋空間に用いられるフロートガラスよりも極めて小さいことが明らかとなった。従って、膜構造物の屋根上積雪荷重の制御は、滑雪による方法が有効と考える。

### 1. はじめに

近年、北海道や東北などの積雪地域に透過性の優れた膜材を屋根葺材に用いた大規模構造物の建設が本格化されるに伴い、屋根上積雪荷重の評価方法の確立が望まれている。現状の屋根上積雪荷重を算出する基本的な考え方は、再現期間50年あるいは100年の地上積雪深に屋根形状係数などの諸係数を乗じて求める方法である<sup>1)</sup>。積雪地域に建設される膜構造物においても同様の方法で屋根上積雪荷重が算出される。しかし、これらの構造物の冬期間における活用方法を考えると、屋根面に雪が無いことが望まれ、設計の段階で屋根雪処理を十分に検討しなければならない。1993年に改訂された日本建築学会荷重指針では<sup>2)</sup>、屋根上積雪荷重を制御するという考え方を取り入れ、積極的に積雪荷重を制御するか否かによって屋根上積雪荷重の算出方法が異なっている。

膜構造物などの大規模構造物において屋根上積雪荷重を制御しようとする場合、これらの構造物の屋根が勾配を持つことが多いことから屋根雪を滑雪させて荷重を制御することが一般的である。これまでの屋根雪

の滑雪に関する研究結果をみると<sup>3,4)</sup>、屋根雪の滑雪現象は温度条件、積雪量、屋根葺材の表面性状などによって大きく異なることが指摘されている。この滑雪現象は屋根雪と屋根葺材との界面に発生する凍着強度に最も大きく支配され、凍着強度の大小は気温の影響を大きく受けることが指摘されている。従って、屋根上積雪荷重を滑雪によって制御しようとする場合は、凍着強度の形成過程を明かにし、その軽減方法を確立することが重要と考える。

このような背景から本研究では、膜構造物の屋根上積雪荷重を滑雪によって制御する方法を確立することを目的に、降雪時における外気温の観測資料を基に凍着強度の形成過程を検討した。さらに、これらの結果を基に膜材を対象とした凍着強度に関する実験を行い、凍着強度の発生に及ぼす諸条件との関係について検討した。

### 2. 研究方法

#### 2.1 降雪時における外気温の分析

降雪時における外気温は、北海道内の比較的積雪が

\*1 北海道工業大学 助教授・工博 \*2 太陽工業(株) 空間設計部・工修

多い都市である札幌、旭川、岩見沢および倶知安を対象に、年最大積雪深の上位5年と12月から3月までの各月における日降雪の深さの上位5位の日について、札幌管区気象台の地上気象観測日原簿から収集した。気象官署において、降雪の深さおよび外気温の観測は、それぞれ以下のように行われている。降雪の深さの観測は9時、15時および21時の3回（前日21時～9時、9時～15時、15時～21時を降雪の深さの観測区間とする）、外気温の観測は0時から3時間おきに8回実施されている。これらの観測資料を用いて、多量の降雪の深さの前後における降雪状況と外気温の推移状況および外気温の度数分布を分析した。

## 2.2 凍着強度実験

凍着強度実験は、図1に示す水平滑雪装置を用いて実施した。実験に用いた膜材および比較のために用いた試料の概要と実験条件を表1に示す。各試料ごとに自然条件下における屋根葺材と屋根雪との凍着過程を想定し、以下に示す3通りの凍着方法による実験を実施した。なお、凍着時間は、いずれの場合も予備実験で界面温度が一定値を示した時間とした。

### (1) 湿潤状態による凍着方法

湿潤状態による凍着方法は、対象とする屋根葺材上

の中央部に塩ビ管（内径31mm、高さ30mm）を置き、所定の水量を塩ビ管に注ぎ込み実験温度に冷却して水結させながら凍着させた。凍着時間は、 $-10^{\circ}\text{C}$ では3時間、 $-5^{\circ}\text{C}$ では5時間、 $-2^{\circ}\text{C}$ では8時間とした。

### (2) 乾燥状態による凍着方法

乾燥状態による凍着方法は、(1)と同様の塩ビ管内に予め水を作製し、これを屋根葺材上に載せて凍着させた。凍着時間は、 $-10^{\circ}\text{C}$ では2時間、 $-5^{\circ}\text{C}$ では3時間、 $-2^{\circ}\text{C}$ では4時間とした。

### (3) 中間状態による凍着方法

中間状態による凍着方法は、(1)と同様の塩ビ管内に予め水を作製し、この凍着面に水を均一に付着させて屋根葺材上に凍着させた。凍着時間は、 $-10^{\circ}\text{C}$ では2時間、 $-5^{\circ}\text{C}$ では3時間、 $-2^{\circ}\text{C}$ では5時間とした。

このように3通りの方法によって凍着させた後に、10mm/minの速度で凍着させた水を引っ張り、せん断剥離させた。この剥離した時の荷重をロードセルを介して測定し、この荷重を付着面積で除した値を凍着強度(Pa)とした。

## 2.3 表面性状の測定

膜材を含む各試料の表面性状は、凍着強度および摩擦抵抗抗力に大きく影響を及ぼすと指摘されている表面

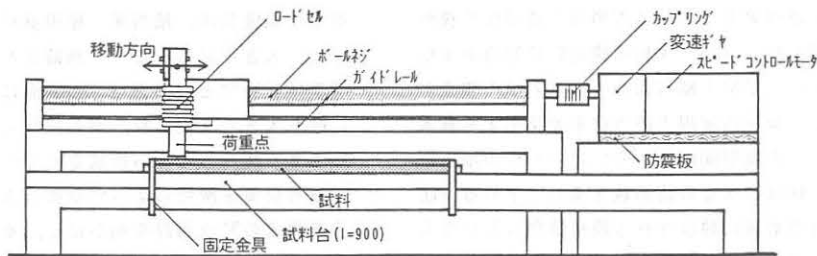


図1 凍着強度測定装置の概要

表1 実験に用いた屋根葺材の概要および実験条件

材料種別	試料CODE	試料概要	接 触 角	表 面 粗 さ	凍着温度(°C)													
					湿潤状態			半湿潤状態			乾燥状態							
					-10	-5	-2	-10	-5	-2	-10	-5	-2					
高分子材料	M	膜材(4フッ化エチレンコーティングガラス繊維布)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PAZ	塗装溶融亜鉛(ホリイステル樹脂光沢)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	F	着色亜鉛鉄板(フッ素樹脂)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P	着色亜鉛鉄板(ホリイステル樹脂光沢)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
金属材料	S	冷間圧延ステンレス鋼板	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	CS	塗装ステンレス鋼板	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Z	亜鉛合金板	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
無機材料	FG	フロート板ガラス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PG	磨き板ガラス	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

粗さおよび接触角で評価した<sup>3, 4)</sup>。

(1) 表面粗さの測定

表面粗さの測定は、膜材を含む各試料を5×5cmの大きさに切断し、任意の6点について直行する2方向の中心線平均粗さ(Ra)と10点平均粗さ(Rz)をJIS B 0601の方法で測定した。測定には、触針式表面粗さ測定器を用いた。

(2) 接触角の測定

接触角の測定は、自動接触角計を用いて膜材を含む各試料について測定した。接触角とは図2に示すように、屋根葺材と液滴の表面張力との間に成す角を示す。液体には、膜材を含む各試料の表面自由エネルギー算出のため、蒸留水とパラフィンを使用した。なお接触角の値は、液滴落下10, 30, 60秒後に測定した結果、最も安定した60秒後の値を使用した。

3. 降雪時における外気温の分析

降雪時における外気温の分析は、北海道内の主要都市である札幌、旭川、岩見沢および倶知安の4都市について行った。札幌を例に、降雪時における外気温の分析を行うと以下のようになる。

札幌市の年最大積雪深の極値年(1971.12.1~1972.3.31)における積雪深の推移状況と降雪状況を図3に示す。図のように、日降雪の深さ10cm以上の日が18日あり、これらの降雪は3~5日の間に集中して発生している。この集中した降雪は2月27日の最大積雪深(122cm)までに4回発生している。なお、この傾向は他の極値年および他の都市においても同様である。この降雪状況をもとに屋根雪の滑雪制御方法を考えると、3~5日間に集中した降雪をそれぞれ滑雪させて処理することになる。従って、滑雪現象を支配する屋根雪と屋根葺材との界面に発生する凍着強度の形成過程を検討する場合、集中した降雪時の外気温の推移状況を明かにすることが重要となる。

3.1 降雪時における外気温の度数分布

札幌の降雪時における外気温の度数分布をみると、図4となる。なお、月別の降雪時の外気温をみると、12月、3月と1月、2月に大別されることから、2つに分けて分析している。図中の度数分布は、降雪の深さの観測区間に10cm以上の降雪があった区間における外気温の平均値を用いて度数分布を求めている。12月、3月における外気温の度数分布をみると、-5℃以上0℃未満での範囲で最も降雪現象が多くなり、正規分布( $\mu = -2.72$ ,  $\sigma = 2.64$ )から若干外れた分布となる。この外気温の範囲における降雪現象は全体の81%にな

る。一方、1月、2月における外気温の度数分布をみると、-7℃以上-3℃未満での範囲で最も降雪現象が多くなり、正規分布( $\mu = -5.77$ ,  $\sigma = 2.31$ )に近似している。この外気温の範囲における降雪現象は全体の63%になり、低温時での降雪現象が多くなっている。特に、日降雪の深さが30cmを越えるドカ雪は、-5℃以下で発生している場合が多い。また、本分析では0℃以上での降雪現象が10%以下であるが、観測区間の降雪の深さ10cm未満をみると0℃以上での降雪現象が多くなる。



図2 接触角の定義

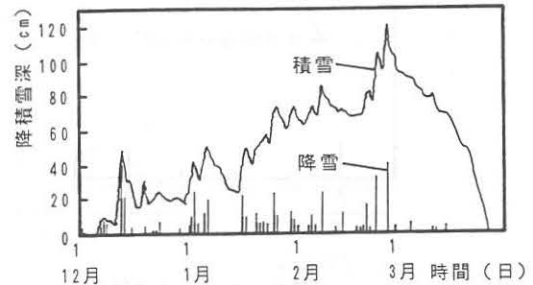


図3 札幌市における積雪深の推移状況と降雪状況 (1971年12月~1972年3月)

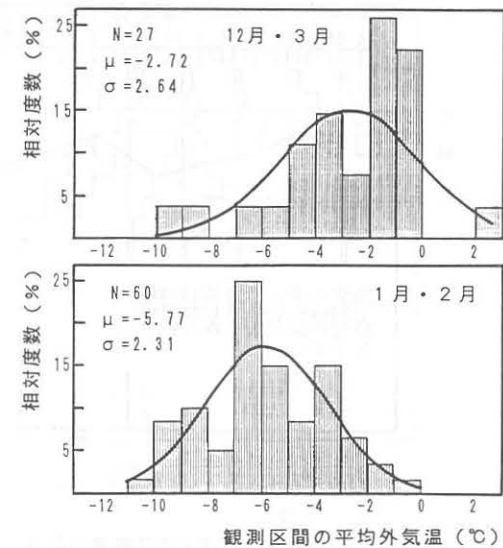


図4 10cm以上の降雪のある観測区間の外気温分布



の推移状況を分析すると以下ようになる。

(1) 日降雪の深さ10cm以上20cm未満の場合

集中した降雪時の中で日降雪の深さ10cm以上20cm未満（以下、この条件の降雪日を当日という）の日の前2日間と翌日における降雪状況と外気温の推移状況との関係を見ると、図5、図6となる。図中の降雪の深さの割合は、当日の降雪の深さに対する観測区間ごとの降雪の深さの平均割合を示している。同様に外気温は、それぞれの観測時における平均値を示し、度数分布は6時間毎の観測時における分布を示している。

札幌における12月、3月の外気温の推移状況と降雪

状況との関係を見ると、外気温平均値は前々日から-4℃～+1℃の範囲で推移し、当日の降雪前に-4℃程度となり、降雪後外気温は上昇して日中には0℃以上の温度で推移することが多い。外気温を度数分布で見ると、当日では-2℃以上0℃未満が多くみられる。降雪の深さをみると、当日の9時までがその1日の58%を占め、その後降雪が減少し、翌日の9時まで降雪が継続する傾向にある。同様に、1月、2月における外気温の推移状況と降雪状況との関係を見ると、外気温平均値は前々日から-6℃～-2℃の範囲で推移し、当日の降雪前に-6℃程度となり、降雪後外気温は日中でも0℃以下

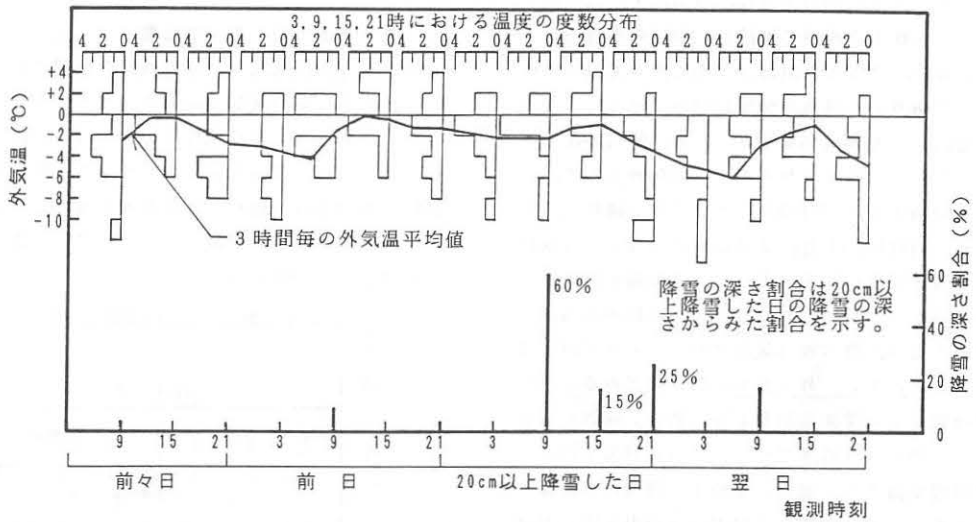


図7 12月・3月降雪時前後における外気温および降雪の深さの推移  
(日降雪の深さ20cm以上の場合)

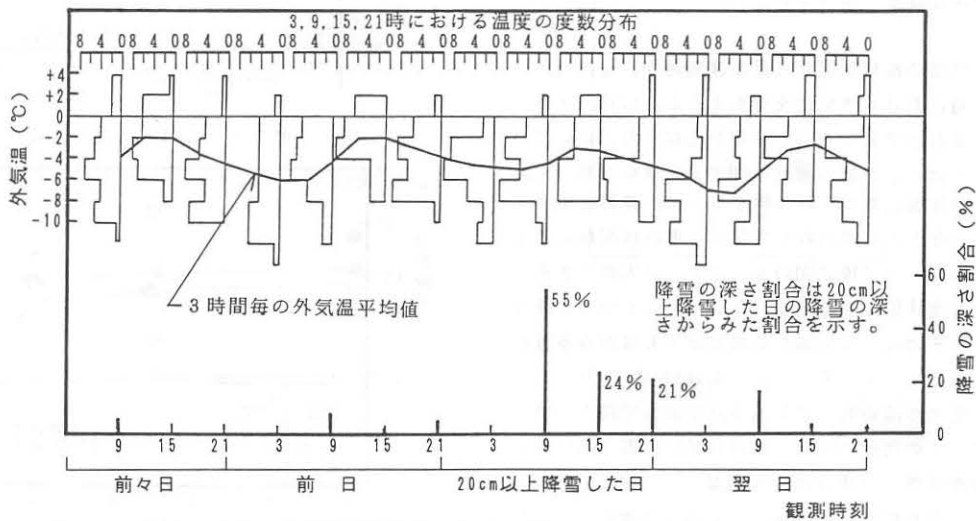


図8 1月・2月降雪時前後における外気温および降雪の深さの推移  
(日降雪の深さ20cm以上の場合)

で推移することが多い。外気温を度数分布でみると、当日では $-6^{\circ}\text{C}$ 以上 $-4^{\circ}\text{C}$ 未満が多くみられる。降雪の深さをみると、当日の9時までがその1日の66%を占め、その後降雪が減少し、翌日の9時まで降雪が継続する傾向にある。なお、旭川、岩見沢および倶知安における外気温の推移状況は、札幌よりも $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ 程度低く、降雪の深さは多くなっている。

#### (2) 日降雪の深さ20cm以上の場合

日降雪の深さ20cm以上（以下、この条件の降雪日を当日という）の場合について、札幌における12月、3月の外気温の推移状況と降雪状況との関係を見ると、図7、図8となる。図のように、外気温平均値は前々日から $-4^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ の範囲で推移し、当日の降雪前に $-2^{\circ}\text{C}$ 程度となり、降雪後外気温は日中でも $0^{\circ}\text{C}$ 以下で推移することが多い。外気温を度数分布でみると、当日では $-2^{\circ}\text{C}$ 以上 $0^{\circ}\text{C}$ 未満が多くみられる。降雪の深さをみると、当日の9時までがその1日の60%を占め、その後降雪が減少し、翌日の9時まで降雪が継続する傾向にある。同様に、1月、2月における外気温の推移状況と降雪状況との関係を見ると、外気温平均値は前々日から $-6^{\circ}\text{C}\sim -2^{\circ}\text{C}$ の範囲で推移し、当日の降雪前に $-4^{\circ}\text{C}$ 程度となり、降雪後外気温は日中でも $0^{\circ}\text{C}$ 以下で推移することが多い。外気温を度数分布でみると、当日では $-8^{\circ}\text{C}$ 以上 $-6^{\circ}\text{C}$ 未満が多くみられる。降雪の深さをみると、当日の9時までがその1日の55%を占め、その後降雪が減少し、翌日の9時まで降雪が継続する傾向にある。なお、旭川、岩見沢および倶知安における外気温の推移状況は、札幌よりも $2\sim 7^{\circ}\text{C}$ 程度低く、降雪の深さは多くなっている。

#### 4. 外気温の推移状況から見た凍着過程

降雪時における外気温を分析すると、12月、3月と1月、2月とで異なることが明かとなった。ここで、前述2.2に示した凍着強度に関する実験の湿潤、半湿潤および乾燥状態の実験条件をもとに、膜材と屋根雪との凍着強度の形成過程を外気温の推移状況から考えると、図9に示す模式図のように3つに大別できる。図中の湿潤状態での凍着は、外気温が $0^{\circ}\text{C}$ 以上で降雪が続き、その後、外気温が急激に低下しながら多量の降雪となる場合である。この現象は12月、3月に多い。乾燥状態での凍着は、外気温が $-5^{\circ}\text{C}$ 前後で降雪が続き、この現象は1月、2月に多い。両者の中間的な半湿潤状態での凍着は、外気温が $-2^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 程度の範囲で降雪が続き、その後、外気温が急激に低下しながら多量の降雪となる場合で、この現象は1月、2月

よりも12月、3月に多い。

このように形成された凍着強度は、その後の外気温の推移状況によって変化すると考える。図5に示す12月、3月における外気温の推移状況は、日中にプラス温度まで上昇して夜間にマイナス温度に下降する現象を繰り返すことが多い。この推移状況の中で自然降雪現象が不規則に発生している。ここで、屋根雪の降雪制御を考えると、降雪現象が一定条件下で発生することが望まれる。従って、図9に示した3つの凍着過程で発生した凍着強度を明かにし、その値に対応した凍着強度の軽減方法を確立することが重要となる。

#### 5. 凍着強度に関する実験結果

外気温の推移状況から凍着過程を整理すると、先に示したように湿潤状態での凍着、乾燥状態での凍着、両者の中間的な半湿潤状態での凍着の3つに大別される。これらの凍着過程をモデル化して、膜材を含む各試料における凍着過程の差異が凍着強度に及ぼす影響を実験的に検討した。同時に、屋根葺材の表面性状と凍着強度との関係を検討した。

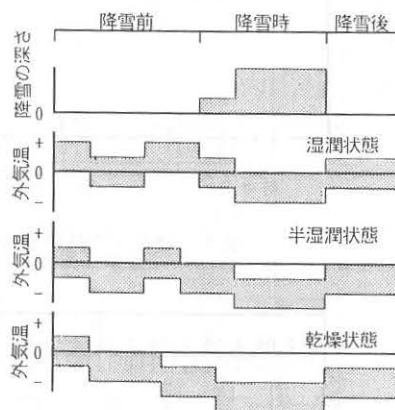


図9 凍着時における温度推移の模式図

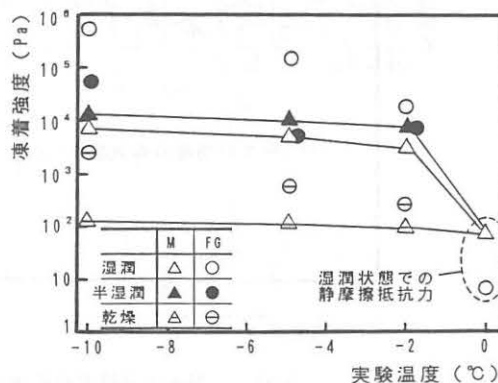


図10 凍着強度と実験温度との関係

5.1凍着方法と凍着強度との関係

膜材における凍着強度と実験温度との関係を見ると、図10となる。図中には、膜材と同様に透明天蓋空間建築物に用いられるフロートガラスFG（以下、試料CODEで示す）を示す。なお、0℃では凍着強度が発生しないため、湿潤状態での静摩擦抵抗力を参考値として示してある。図中の膜材における実験温度による凍着強度の変化を見ると、いずれの凍着方法においても実験温度-2℃まで凍着強度が緩やかに減少し、0℃で急激に減少している。ここで、図中の試料FGと比較してみると、膜材はいずれの実験温度においても試料FGより小さな凍着強度の値を示す。

次に、凍着強度と凍着方法との関係を見ると、膜材は半湿潤状態における凍着強度が最も大きい。この傾向はいずれの実験温度においても同様である。湿潤状態における凍着強度は、いずれの実験温度においても半湿潤状態よりやや小さい値となる。乾燥状態における凍着強度の値は、上述の2つの凍着方法よりも極めて小さい値を示す。ここで、試料FGと比較してみると、試料FGはいずれの実験温度においても湿潤状態における凍着強度が大きい値を示し、膜材と異なる傾向を示す。

このように、凍着強度は凍着方法および実験温度の差異によって大きく異なるといえる。

5.2表面性状と凍着強度との関係

(1)表面自由エネルギーの算出

各種屋根葺材の表面自由エネルギーは、液滴とのぬれ、付着、接着などを支配する重要な要因の一つである。そこで、膜材の特性を評価するため、本実験に用いた膜材を含む各試料の表面自由エネルギーを以下のように算出した。

表面自由エネルギーを図11に示す固体平面上的液滴に作用する種々の力に基づき成分要素に分離展開すると、式(1)となる<sup>8)</sup>。

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p \cos \theta \dots\dots (1)$$

ここで、 $\gamma_s^d$ は個体表面の分散成分、 $\gamma_s^p$ は個体表面の極成分である。この式(1)に、安定した水平面で接触角を測定することによりYoungの式、Dupreの式およびFowkesの式を組み合わせ表すと式(2)となる<sup>9)</sup>。

$$\cos \theta = \frac{2 \{ (\gamma_{sv}^d \cdot \gamma_{lv}^d)^{1/2} + (\gamma_{lv}^p \cdot \gamma_{lv}^p)^{1/2} \}}{\gamma_{lv}} - 1 \dots (2)$$

この式(2)に、パラフィンと蒸留水の接触角を代入することによって表面エネルギーが算出できる<sup>10)</sup>。

(2)表面自由エネルギーおよび表面粗さと凍着強度との関係

図12に膜材を含む各試料の表面自由エネルギーと蒸留水の接触角  $\cos \theta$  との関係を示す。図のように、 $\cos \theta$  が1.0に近づくに伴って、表面自由エネルギーが増加する傾向を示す。この傾向を図13に示す「ぬれ形式」で比較すると<sup>11)</sup>、膜材を含む高分子材料および金属材料では蒸留水に対しての屋根葺材表面の防水性が大きいいため、屋根葺材表面と液体との間で互いに分離しようとする「付着ぬれ」が生じる。これに対して、無機材料では屋根葺材表面上で蒸留水が拡がろうとする「拡張ぬれ」が生じる。これらのことから膜材を含む高分子材料は他の材料と比較すると、蒸留水との親和性が非常に低く、その中でも特に膜材は水に対する親和性が最も低いといえる。

次に、膜材を含む各試料の表面自由エネルギーと湿潤状態における凍着強度との関係を見ると、図14となる。

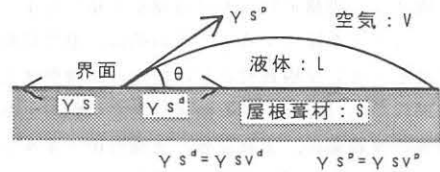


図11 屋根面の液滴に作用する力

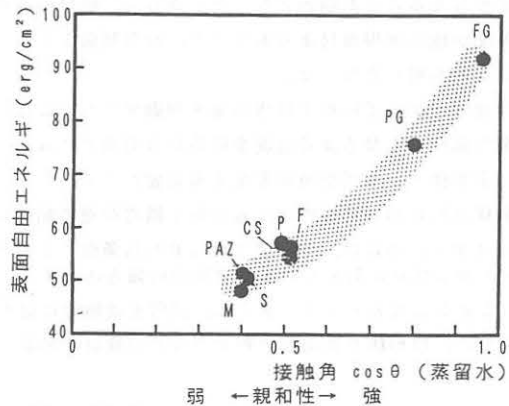


図12 表面自由エネルギーと水の  $\cos \theta$  との関係

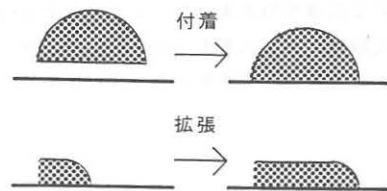


図13 ぬれの形態

エネルギーの増加に伴い凍着強度が増加する傾向を示す。膜材の表面自由エネルギーおよび凍着強度は、試料中最も小さい値を示す。なお、半湿潤状態においても表面自由エネルギーの増加に伴い、凍着強度が緩やかに増加する傾向を示す。しかし、その凍着強度は湿潤状態よりもバラツキが若干大きくみられる。

同様に、表面粗さRzと実験温度-10℃の実験の凍着強度との関係を見ると、図15となる。図のように、湿潤状態、半湿潤状態とも表面が粗くなるに伴って凍着強度は増加する傾向を示す。しかし、膜材は上述の傾向から外れる。これは、図12に示したように膜材の水に対する親和性が試料中最も小さいことや、表面形状が他の試料と異なることが大きく影響を与えていると考えられる。乾燥状態では、いずれの材料とも小さな値を示す。

このように、膜材および他の屋根葺材における凍着強度は表面自由エネルギーおよび表面粗さ等の表面性状や実験温度によって大きく異なることが明らかとなった。

## 6. まとめ

本研究は、膜構造物における屋根上積雪荷重の滑雪制御システムを確立することを目的に、滑雪抵抗力として最も大きい屋根葺材と屋根雪との凍着強度とその形成過程を検討した。その結果、湿潤状態および乾燥状態等の凍着条件、実験温度、表面自由エネルギーおよび表面粗さ等の表面性状が凍着強度の形成に大きく影響を与えることが明らかとなった。さらに、膜材の凍着強度が他の屋根葺材よりも小さく、滑雪制御をしやすことが明らかとなった。

滑雪によって屋根上積雪荷重を制御するためには、滑雪抵抗力となる凍着強度を何らかの方法で軽減し、一定条件下で滑雪現象が発生する必要がある。今後、膜構造物において滑雪による屋根上積雪荷重の制御を確立するためには、本研究で得られた各条件ごとの膜材の凍着性状に対応した凍着強度の軽減方法を確立することが必要と考える。さらに、滑雪を積極的に促すための屋根形状や膜端部の納め方などの検討も必要であろう。

なお、接触角の測定には北海道立工業試験所の吉田光則氏のご指導を頂きました。また、気象資料の解析および実験は北海道工業大学大学院生川上俊一君に協力を得ました。記して感謝の意を表します。

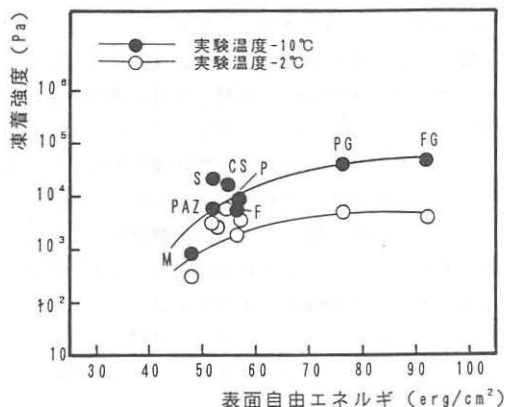


図14 表面自由エネルギーと凍着強度との関係

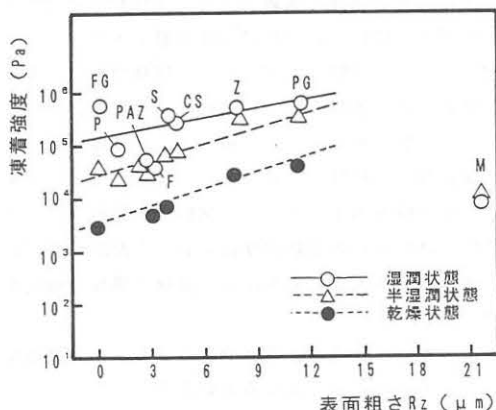


図15 表面粗さRzと凍着強度との関係

## 参考文献

- 1) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，pp.172-173, 1993
- 2) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，pp.197-200, 1993
- 3) 渡辺 正明他：屋根葺材と屋根雪の摩擦に関する研究—その2，日本雪工学会誌第9号，pp.4-15, 1988, 12
- 4) 吉米地 司他：各種屋根葺材と屋根雪との凍着性状について，日本雪工学会大会論文報告集，pp.119-122, 1993.1
- 5) 吉田 光則他：着雪氷防止技術に関する研究(1)，北海道の雪氷第12号，pp.24-26, 1993.8
- 6) 田口 龍雄：雪，古今書院，pp.41-45, 1940
- 7) 高橋 博 他：雪氷防災，白亜書房，pp.84, 1986
- 8) 荒川 正文他：新実験化学講座界面とコロイド，丸善，pp.102, 1977
- 9) 荒川 正文他：新実験化学講座界面とコロイド，丸善，pp.99-100, 1977
- 10) 荒川 正文他：新実験化学講座界面とコロイド，丸善，pp.105-106, 1977
- 11) 渡辺 信淳他：表面及び界面，共立出版，pp.122-125, 1984



FUNDAMENTAL STUDY ON CONTROL OF SNOW LOAD ON THE ROOF  
FROM MEMBRANE STRUCTURES

Tsukasa Tomabechi \*<sup>1</sup>  
Hideharu Yamaguchi \*<sup>2</sup>

SYNOPSIS

The plan of a building may have structural restrictions due to the weight of the snow on the roof in a snowy area. The bigger spans the structure has, the bigger restrictions it may have. Thus the establishment of a system has long been hoped with which we can control snow sliding and lessen the snow load on the roof by making it slide down. Recent studies have shown that snow sliding is subject to adfreezing force between the membrane material and the ice block.

In this study we made preliminary investigation on the forming process of adfreezing force between the membrane material and the ice block taking into consideration of weather conditions. And then, we carried out experiments on various membrane material assuming three types of adfreezing processes. As the result we identified the adfreezing process for membrane material by examining the relation between its surface condition and the adfreezing process. Thus we obtained basic data which we can use to establish a snow slide system for controlling the snowload on the roof.

---

\*1 Assoc. Prof., Hokkaido Institute of Technology, Dr. Eng.  
\*2 Design Space, Taiyo Kogyo Corporation, M. Eng.