建築物外装材への着雪性状について

伊東敏幸，苫米地司（北海道工大）

1．はじめに

建築物外装材への着雪はその雪の落下による人身・建物損傷，あるいは融解に伴う凍害の発生要因になることから，積雪地域における建築物に関わる諸問題の一つである。降雪・吹雪下で発生した着雪は，その後の融解によって外装材へ水を供給し，その結果，外装材表面の仕上げ層の劣化要因になることを考えると，着雪現象よりも着雪後の融解水の発生を抑制することによって，外装仕上げの劣化要因を制御できるものと考えられる。すなわち，既往の研究[1, 2]における着雪防止策は着雪自体を防止することに主眼をおいていたが，建築物外装材の劣化抑制を考える場合は剥落雪を促進させることも有効な手段と言える。

これらのことから，本研究では剥落しやすい外装材の表面特性を定性的に明らかにすることを目的とし，表面性状の異なる材料における剥落雪状況を評価した。人工的に着雪させる装置を作製し，その装置で着雪させた雪の剥離状況を明らかにした。

2．実験の方法

2-1 着雪風洞装置の作製

各種材料における着雪後の剥落状況を評価するには，同一環境条件で着雪させた後の剥落状況を観る必要があり，自然下における着雪現象では同一条件での再現が困難なことから，人工的に着雪させる着雪風洞装置を作製した。装置は低温室内で稼動でき，安定した風速分布の風洞を作製する必要があることから，図１に示すような風の整流機構を設けて均一な風洞空間を確保した。作製した装置は写真１に示す通りであり，再現できる風洞内風速は約５m/s 以下である。

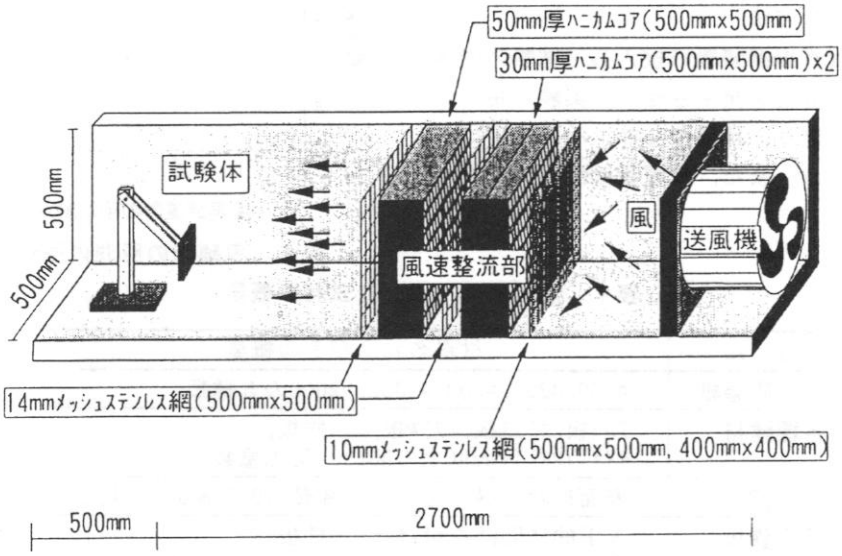

図１　着雪風洞装置内の構造

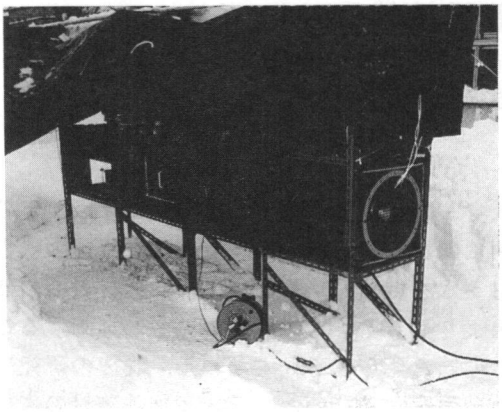

写真１　着雪風洞装置

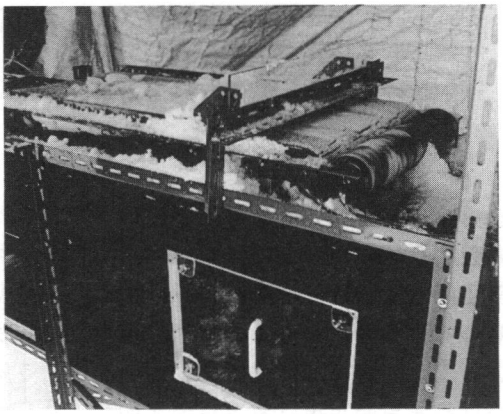

写真２　風洞内への雪供給の方法

風洞内への雪供給は風洞上部から投入するように行った。ベルトコンベアー上に載せた雪を拡散ブラシによって風洞内に吹き込むように供給した。その概要は写真２に示す通りである。なお，コンベアーおよび拡散ブラシはその回転数を変化できるようにした。

2-2 着雪試験に供した材料

着雪後の剥落雪状況を評価するための試料は，表１に示す通り，表面性状の異なるものとした。耐水研磨紙は雪が滑り難い材料であり，クッションフロアは微細な凹凸の影響を見るため，凹凸鉄板は凸部の影響を見るための試料とした。また，各種材料としてカラー鉄板や窯業系サイディングなどを試料とした。試料の大きさは10×10cmとした。

2-3 着雪実験の方法

自然雪を着雪風洞装置に投入し、試験体表面にコーン状の着雪を発生させた。実験に用いた自然雪は降雪翌日の積雪であり，その密度は約120kg/m^{3}である。また，着雪量は試験体表面に

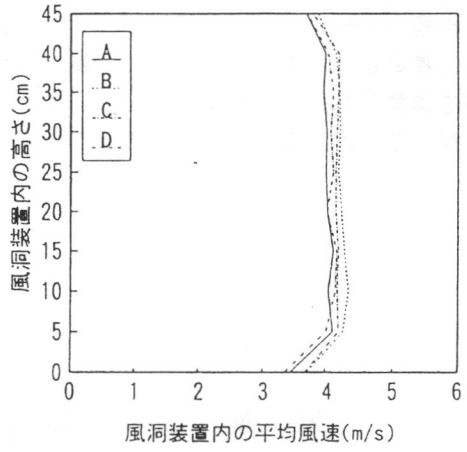

図２　実験時の風洞内風速分布

表１　着雪実験に供した試料の概要

分　類	材料名およびその概要
耐水研磨紙	#150, #320, #500, #1000, #2000の５種類
各種建材	ｱﾙﾐ板, ｶﾞﾗｽ板, ｱｸﾘﾙ板, ｶﾗｰ鉄板, ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ（1mm以上の凹凸，防水塗装）
ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ	表面形状の異なるもの５種類（0.5mm以下の凹凸）
凹凸鉄板	人工的に凹凸を付けたｶﾗｰ鉄板（径5mmの丸形凹凸を1mm高さで付けたもの）

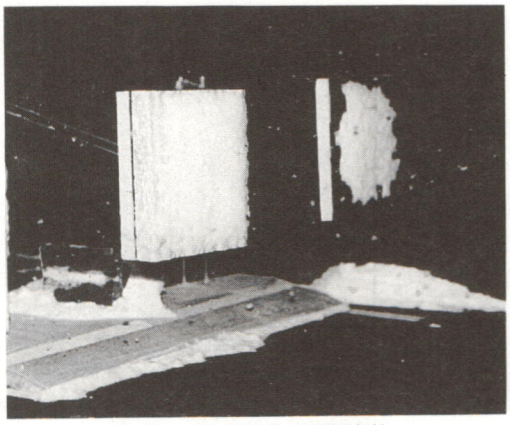

写真３　着雪時の試験体

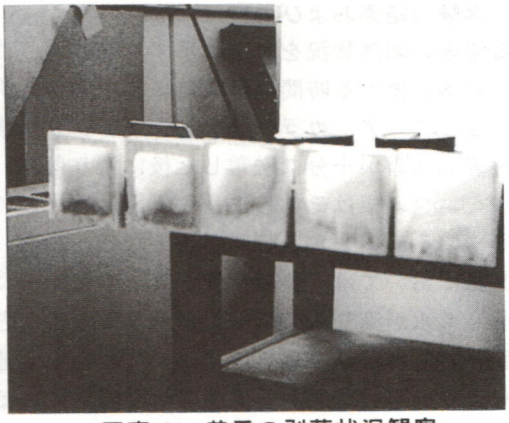

写真４　着雪の剥落状況観察

形成されるコーンの高さを２cmに統一した。なお，着雪実験時の風洞内風速は雪供給のない状態で５m/s とし，風洞内の分布は図２に示す通りである（図中のＡ～Ｄは幅方向の風速を示す）。着雪開始時の試料は写真３に示すような状況であり，その後にコーン状に着雪する。

2-4 剥落雪状況の観察方法

人工的に付着させた雪の剥落状況は，室温８℃の室内に着雪面を鉛直に設置し，その雪の滑りや剥がれに要する時間を測定した。設置時刻、雪が5cm移動した時刻、全ての雪が落下した時刻を記録し，そのときの雪状態を観察した。

表２　付着させた自然雪の剥落状況

試験体名称	滑落・剥落の時間（１回目）			滑落・剥落の時間（２回目）		
	5 cm min.	全て min.	落雪状況	5 cm min.	全て min.	落雪状況
ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ１	53	54	滑落，水で飽和	73	76	滑落，水で飽和
ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ２	51	52	〃	70	72	〃
ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ３	62	63	〃	84	85	〃
ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ４	57	61	〃	78	81	〃
ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ５	110	—	55分後に水滴下	—	—	水滴下
研磨紙#150	—	—	融雪，水滴下	—	—	融雪・水滴下
研磨紙#320	—	—	〃	—	—	〃
研磨紙#500	—	—	〃	—	—	〃
研磨紙#1000	—	—	〃	—	—	〃
研磨紙#2000	65	65	剥落	—	—	〃
ｶﾗｰ鉄板	52	57	滑落，水で飽和	86	104	滑落，水で飽和
凹凸鉄板	47	47	剥落(捲れる)	65	65	剥落(捲れる)
ｱﾙﾐﾆｳﾑ	54	—	59分後に水滴下	86	104	滑落，水で飽和
凹凸ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ	35	35	剥落(捲れる)	10	10	剥落(捲れる)
アクリル				51	73	滑落，水で飽和
ガラス				16	20	低速で滑落

3．実験の結果および考察

着雪後の剥落状況を表２に示す。表のように，雪の剥落に要する時間は試料毎に異なるが，クッションフロア，カラー鉄板およびアクリル板は付着した雪が十分に融雪した後に滑り落ち，アルミニウム板はそれらよりも表面が粗いので滑り落ちるのに要する時間が長くなる。また，研磨紙においては，表面粗度が高いので十分に融雪して水が滴り落ちても雪が滑り落ちることは殆どみられない。ガラスについてみると，他試料よりも早い時間から低速で滑り落ち始めた。これらは何れも雪が試料表面を滑り落ちる状態であった。しかし，凹凸鉄板および凹凸サイディングに関しては，それらと異なり，雪が試料表面から捲れて剥がれ落ちる状態であった。すなわち，試料面を滑ることはなく，雪が試料表面の凸部のみに付着する状態を経て，その後に雪全体が剥落する。

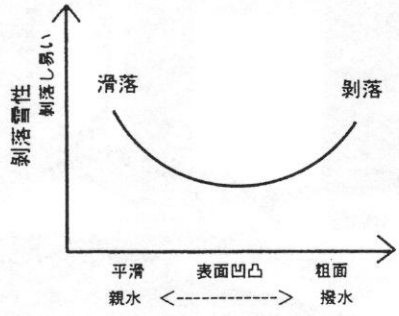

図３　材料表面性状と剥落雪との定性的関係

以上のように，材料の表面特性の違いによって剥落雪状況が異なることから，定性的な表面特性と剥落雪性との関係を考察すると図３になる。図のように，付着後の雪の剥落は表面性状の違いによって次のようになる。ガラス材などのように表面が平滑で親水性に優れる場合は，雪が低速で材料表面上を滑り落ちる。この現象は，付着界面に発生した融雪水がそのまま界面に介在することによって，雪と材料の付着強度が低下することが要因と考える。一方，凹凸サイディングや凹凸鉄板のように１mm以上の表面凹凸があり撥水性に優れる場合は，雪が試料表面から浮いた状態の後に剥がれ落ちる。この現象は，付着界面に発生した融雪水が材料表面の撥水作用によって雪側に吸水される過程で，雪と材料表面との実質的な付着面積が小さくなることによって雪の付着力が低下するためと考えられる。また，これら以外の材料性状の場合は前述した作用が発生しないので雪の付着力が余り低下しないので表面に付着した雪が剥落しない。

4．まとめ

剥落しやすい外装材の表面特性を実験的に明らかにした。人工的に着雪させた雪の剥落性状は材料の表面凹凸および撥水性が関わっている。このことから，材料表面の形状などを変化させることによって，着雪後の剥落雪を促進させることが可能と考える。今後は剥落し易い表面形状を検討する必要があり，付着界面における雪粒子と融雪水の性状が及ぼす影響を考慮した上で剥落雪手法を明らかにする必要がある。

参考文献

1) 吉田光則ほか：着雪防止技術に関する研究（第１報）各種材料の着氷力について，北海道立工業試験場報告，No. 292，pp. 13-22，1993

2) 伊東敏幸ほか：建築物外装材に用いられる各種材料と雪氷体の付着性について，寒地技術論文・報告集，Vol. 10，pp. 489-496，1994. 11