

着氷風洞を用いた列車着雪に関する基礎実験 1

井藤 由親, 尾関 俊浩, 北川 弘光 (北海道大学大学院)

秋庭 賢二 (JR 北海道)

小杉 健二 (新庄雪氷防災研究支所)

1. はじめに

鉄道の雪害対策は古くから行われてきたが, 列車着雪による鉄道走行への影響は現在もなお問題である. 特に列車の持ち込み雪や落下雪によって分岐器の不転換が発生することが多く³⁾, 対策が望まれている. 現在分岐器に設置されている電気式融雪器や温風式融雪器は降雪には効果があるが, 落下雪のような雪塊には不十分である. また経済効率の面からスノーシェルターや温水式消雪装置のような設備を広く在来線に整備することは難しい. したがって難着雪素材を用いて列車の着雪量を軽減する対策が有効と考えられる. 近年着雪氷防止塗料の開発^{4) 5)}が進んでいるが, 列車の走行環境ではバラストや鉄粉の衝突が頻繁に起きるため劣化の影響が大きいと思われる. そこで本実験では起毛表面材を含めた 6 種類の表面を用いて着雪実験を行ない, せん断応力を測定した.

2. 実験の概要

(1) 試料および表面材料について

実験に用いる試料として, 近年における鉄道車両材料の一つであるステンレスを用いた. このステンレスを母材として, 表-1 の表面材について実験を行った. 起毛織物素材との比較のために, タオルを使用した.

(2) 着雪実験装置および方法

実験は科学技術庁防災科学研究所新庄雪氷防災研究支所にある風洞施設で行った. 測定部概略図は断面 $1\text{m} \times 1\text{m}$ であり, 図-1 に示す. 室温 -2°C で試料に着雪させた. 雪は同支所で研究開発された樹枝状結晶を用い, $1500\text{cm}^3/\text{sec}$ で降雪させた. この際, 測定部の風速は $8\text{m}/\text{sec}$ とした. 実際の現象では車両下部の温度が様々な熱源により外気より高く, 界面での融解再凍結がみられることから, 試料をライト ($1\text{kW}/\text{m}^2$) で前面から照射して温度を $1\sim 3^\circ\text{C}$ まで上げた. 10°C 前後の水を $5\text{ml}/\text{sec}$ で噴霧 (水滴の粒形は 0.4mm) し, 雪を湿雪の状態で試料に衝突させた.

表-1 表面材の種類

番号	表面材 (剤)	備考
a	ステンレス	
b	イナータ 160	砕氷船用塗料
c	市販のタオル	長さ 4mm のループ起毛
d	起毛表面材 A	太さ 0.01denier , 長さ 1mm
e	起毛表面材 B	太さ 0.01denier , 長さ 2mm
f	起毛表面材 C	太さ 0.01denier , 長さ 4mm

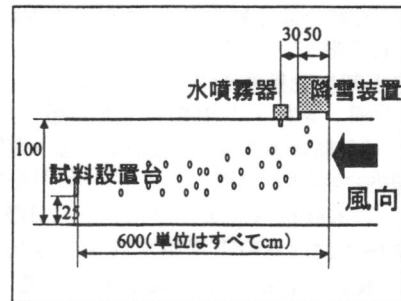


図-1 風洞実験装置概略図

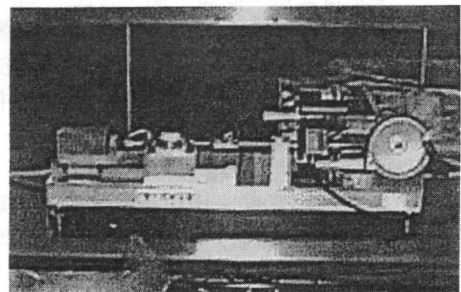


写真-1 せん断試験装置写真

表-2 着雪状況

実験番号	1回目	2回目	3回目	4回目
着雪密度(g/cm^3)	0.21	0.25	0.35	0.33
含水率(%)	5.5	7.1	7.8	1.2

(3) セン断試験装置および方法

着雪した試料にリングをはめ、リング外の雪を削り取り、写真-1の試験装置に設置し、せん断速度 8.4mm/min で実験を行った。

3. 着雪状況

着雪状況を表-2にまとめる。

一定時間後の着雪量は風洞気流の影響が大きく、表面材の影響はあまり見られなかった。

風洞気流は試料を中心として上下に流れるようになっている。よって着雪は写真-2のように風洞側面から見ると、よどみ点を頂点とする三角形となった。

着雪した雪質はざらめ雪化していたが、写真-3に見られるように樹枝状結晶の形跡が残っていた。

4. セン断力試験結果

試験結果を図-2に示す。参考に、氷とステンレス⁶⁾およびイナータ⁷⁾のせん断力(室温-5℃)を図-2の□、○として示した。

まず、試料 a, b について考察する。今回の実験結果はこれまでの実験結果^{6) 7)}より小さな値となった。この原因として2つ考えられる。1つは今回の試料は雪なので有効接触面積が小さいこと、もう1つは雪と表面材料の界面でせん断が行われていないことである。写真-4よりステンレスに雪が残っていることから、ここでは後者が考えられた。試料 b のイナータ 160 でも写真-5のように同様であった。よって試料 a, b では界面ではがれず、雪-雪間で破壊しているとみなした。また、図-3のように、試料 a, b のせん断応力が Mellor⁸⁾の作成した積雪のせん断強度の曲線内とほぼ一致したことから、今回のせん断試験装置の信頼性がうかがえる。

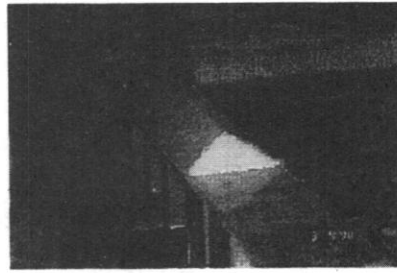


写真-2 着雪形状

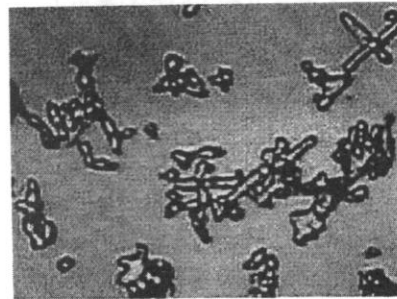


写真-3 着雪した雪の拡大写真

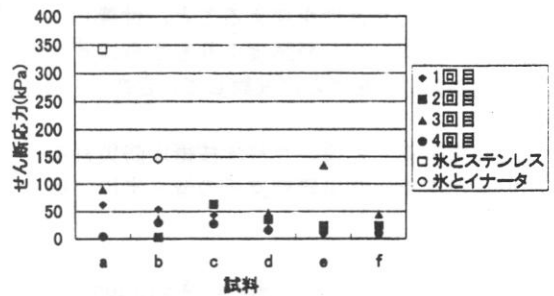


図-2 セン断試験結果

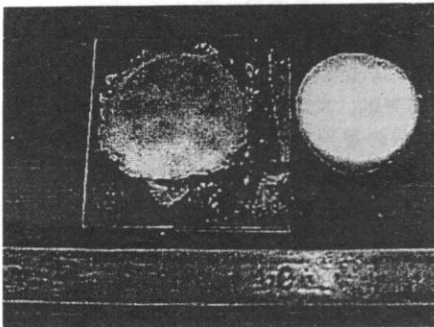


写真-4 試料 a のせん断試験結果

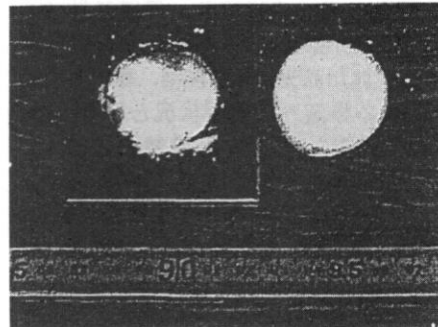


写真-5 試料 b のせん断試験結果

試料 c のタオルについては、写真-6 のように着雪した雪とタオルの界面でせん断できなかった。タオルが吸水してタオルごと凍り、タオルとステンレスの間ののりがはがされる結果となった。そのため、データとして比較しなかった。

これより、雪と表面材料の界面でせん断の行われた起毛表面材の結果を改めて図-4 に示す。起毛織物表面材の起毛の長さが、2mm 付近でせん断強度が最小値に近づく。試料 f のように 4mm ともなるとせん断応力は小さいが、脱毛しやすく絡まりやすいため実用上問題である。

5. 実験のまとめ

このような表面材料から次のような結果が得られた。今回の風洞着雪実験においては、湿雪（含水率 1.2~7.8%）、風速 8m/sec、温度-2℃の場合、表面材による着雪速度、着雪量にあまり差異が見られなかった。本実験に使用した 3 種類の起毛織物素材のうちで、起毛長さ 2mm のもののせん断強度が最も小さく有効であると思われた。

検討課題としては、雪の速度をさらに上げて実験すること、雪質を変化させて付着させること、せん断速度を変えること、付着した雪の雪-雪間のせん断強度よりもさらに着氷力の弱い新材料をさらに検討していきたい。

謝辞

共同実験をして頂いた科学技術庁防災科学研究所新庄雪氷防災研究支所の皆さまに心から謝意を表します。

参考文献

- 1) G.Poots, Ice and Snow Accretion on Structures, 1996
- 2) 若浜五郎, 小林俊一, 対馬勝年, 鈴木重尚, 矢野勝俊, 電線着雪の風洞実験, 低温科学 物理篇第 36 輯, p.169-180, 1978
- 3) 秋庭賢二, 北川弘光, 尾関俊浩, 香川英司, 札幌圏における鉄道への雪害状況と対策, 第 13 回寒地技術シンポジウム寒地技術論 p. 162-169, 1997.
- 4) 吉田光則 他 9 名, 着雪氷防止塗料の開発と応用について, 第 13 回寒地技術シンポジウム寒地技術論文集, p.87-92, 1997.

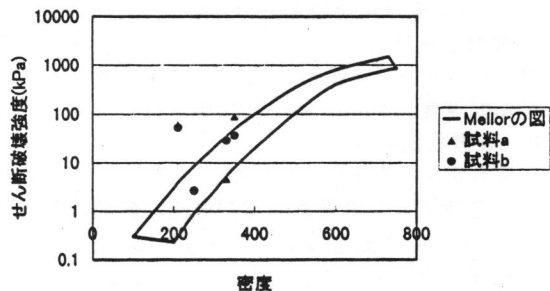


図-3 試料 a, b と Mellor の雪のせん断破壊強度の比較



写真-6 試料 c のせん断試験結果

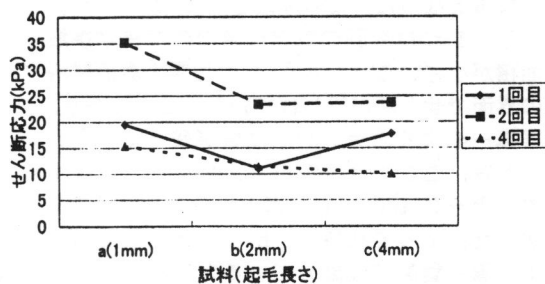


図-4 試料 d,e,f のせん断応力

- 5) 山内五郎, 上田利信, 雪害対策用超はつ水性材料, 工業材料, 44, p42-46, 1996.
- 6) 佐伯浩, 後藤克人, 小野敏行, 山下俊彦, エイジ・L・スエナガ, 氷と諸材料間の凍着強度の試験方法に関する研究, 寒地技術シンポジウム講演論文集, pp306-313, 1988
- 7) 吉田光則, 大市貴志, 金野克美, 後町光夫, 各種材料の着氷力について, 寒地技術シンポジウム講演論文集, pp626-631, 1991
- 8) M.Mellor, A review of basic snow mechanics, IAHS-AISH Pub., 114, p.251-291, 1975