

道路案内標識の着氷雪対策に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 20～平 24

担当チーム：雪氷チーム

研究担当者：松澤勝、中村浩、松下拓樹、
笠村繁幸

【要旨】

本研究では、道路案内標識の裏面梁材に発生する着雪や冠雪の簡易な対策方法を提案することを目的として、被害に至る着氷雪性状、着氷雪対策が必要となる気象条件、簡便な着氷雪対策手法について検討を行った。

その結果、道路案内標識の梁材への着雪は降雪が多く気温が低い地域で顕著であり、着氷雪による被害として、密度が高く硬い雪や氷による車両の破損と、密度が小さい乾雪の飛散によるドライバーの視界遮断があることが明らかとなった。簡便な着氷雪対策として、着氷雪量を少なくし、かつ氷板やつららの形成を避けるために短い時間で着氷雪を落とすことに着目して現地試験を実施した。現地試験の結果、梁材に傾斜板を取り付けることより着氷雪量が減少して、着雪時間が短くなることが示された。

キーワード： 着雪、冠雪、落雪、道路案内標識、対策工

1. はじめに

大型の道路案内標識の裏面梁材に積もった冠雪や付着した着雪（図－1 a）の落下は、通行車両の破損や視界遮断による事故を誘発する危険性がある¹⁾。道路案内標識の着雪対策として、北海道では主に人力による雪落とし作業が実施されている（図－1 b）。しかし、この作業には手間と費用がかかる上、道路上の作業のため作業員と通行車両の安全確保が必要とされる。そのため、雪落とし作業の軽減や効率化が求められている。

本研究では、道路案内標識の裏面梁材に発生する着雪や冠雪の簡易な対策方法を提案することを目的として、被害に至る着氷雪性状（2.章）、着氷雪対策が必要となる気象条件（3.章）、簡便な着氷雪対策手法（4.章）について検討を行った。



図－1 着雪事例(a)と雪落とし作業(b)の例

なお、着雪とは、雪が物体に付着する現象あるいは付着した雪をいう。一方、樹木や電柱などの頂部に帽子状に積もった雪や現象は冠雪という。雪が構造物上に積もって付着力を有している場合、冠雪と着雪の両方の性質を有するが、両者を厳密に区別することは難しいので、ここでは冠雪を含めた広い意味で着氷雪と呼ぶこととする。

2. 被害に至る着氷雪性状について

被害に至る着氷雪性状について、既存文献や資料による被害の調査を行い、また着氷雪の落下による衝撃荷重や飛散状況に関する実験を実施した。

2. 1 既存資料による調査

2. 1. 1 資料調査方法

既往の文献や北海道における被害事例より、道路案内標識等の道路施設からの落氷雪による被害状況を調査した。北海道における被害に関する資料調査は、平成 13 年度から平成 22 年度について行った。

2. 1. 2 資料調査結果

調査の結果、道路案内標識の他、橋梁や道路情報板に付着した雪や氷の落下により被害が生じており、年平均で 6.5 件発生していた。被害形態のほとんどは、落下した着氷雪による車両への破損^{1)~4)}であり、フロントガラスや車体そのものが破損した事例が多い。また、フロントガラスに衝突した着氷雪が広が

り、一時的にドライバーの視界を妨げることによる運転障害の事例もみられた。

よって、被害に至る着氷雪性状として、車両へ破損を与える性状と、衝突によって視界を妨げるような性状に着目する必要があると考えられる。

2.2 着氷雪の落下による衝撃と飛散に関する実験

被害に至る着氷雪性状として、車両へ破損を与える性状とフロントガラスへの衝突によって視界を妨げるような性状を明らかにすることを目的として、着氷雪の落下による衝撃荷重と飛散状況に関する実験を行った⁵⁾。

2.2.1 実験方法

実験は2009年3月2日と20日に寒地土木研究所構内(札幌市)で行った。実験に用いた雪は、周囲に積もった雪を一辺10~30cmの直方体に切り出した自然雪または充填させた雪である。この雪塊の寸法と重さを計測して密度を求め、乾湿を観察した。

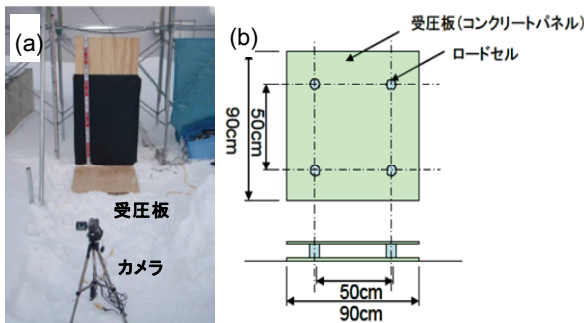


図-2 衝撃力測定状況(a)と受圧装置の概要(b)

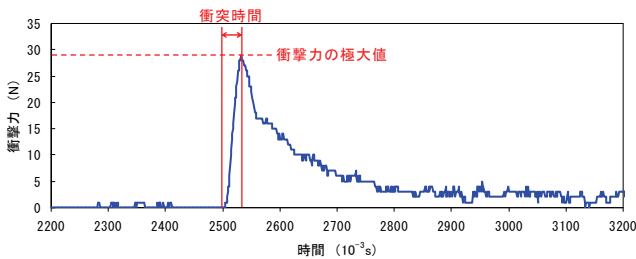


図-3 衝撃力の波形の例と衝突時間の定義

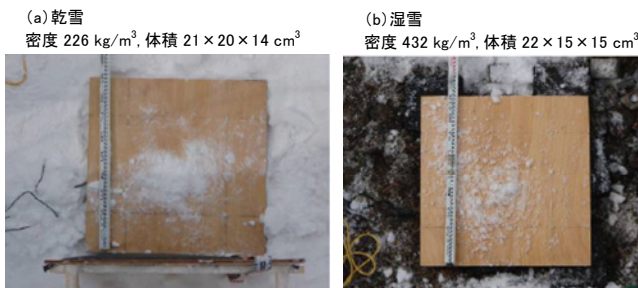


図-4 雪塊の飛散状況の例

実験は、雪塊を高さ5mから自由落下させて行い、地面に水平に設置した受圧装置(図-2)で衝撃力を測定した。この装置は、2枚の板(木製コンクリートパネル、厚さ9mm)を重ねて敷き、その間に4台のロードセル(LC1205-K100)を設置したものである。この4つのロードセルの測定値の合計値を衝撃力 F (N)とした。衝撃荷重 P (N/m^2)は、衝撃力 F の極大値(図-3)を雪塊の衝突面積で除した値とした。また、図-3に示すように、衝突から極大値に達するまでの時間を衝突時間 t (s)とした。

落下による雪塊の飛散状況を把握するため、衝突後の雪塊の写真を真上から撮影した(図-4)。この写真から衝突後の雪塊のおおよその最大径を読み取り、これを落下前の雪塊の最大辺の長さで除した値を飛散率とした。

2.2.2 実験結果

(1) 着氷雪の落下による衝撃荷重について

図-5は雪塊の密度と衝撃荷重の関係である。図には、小竹ら(2001)⁶⁾による水に浸して凍結させた雪塊(30cm立方)の衝撃荷重の測定値も示す。この雪塊は、高密度で氷に近い状態と考えられる。また、図には、衝撃荷重 P の理論値として、式(1)から求まる値⁵⁾も示す。

$$P = \frac{\rho v h}{t} \quad \dots (1)$$

ここで、 ρ と h は雪塊の密度(kg/m^3)と高さ(m)、 v は衝突の速度(m/s)、 t は衝突時間(s)である。図-5から、今回の実験で用いた自然積雪の雪塊の衝撃荷重は、小竹ら(2001)⁶⁾の水化した雪塊の衝撃荷重より小さく、また式1の理論値と比べても小さい結果となった。

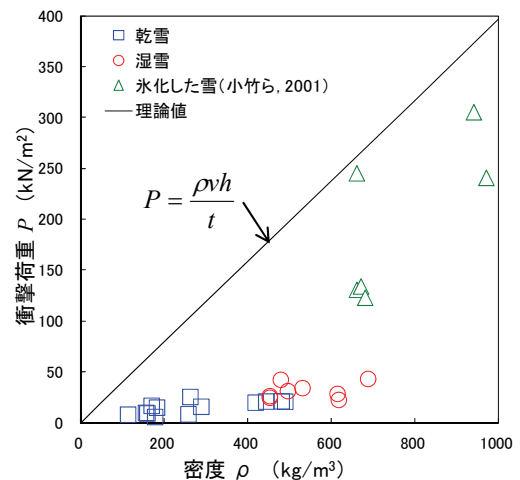


図-5 衝撃荷重と密度の関係

落氷雪による通行車両への被害の一つに、フロントガラスの破損がある。日本工業標準調査会(1998)⁷⁾に示されている自動車のフロントガラスの耐貫通性試験によると、合わせガラスの場合、少なくとも高さ4 m から質量約2260 g、直径約82 mm の鋼球を自由落下させて試験を行う。この鋼球の衝撃荷重を、衝突時間 $t = 0.02\text{s}$ として式(1)より推定すると約 300kN/m^2 となる。これと図-5の雪塊の衝撃荷重を比較すると、氷化した雪塊の場合、密度が約 750kg/m^3 以上でフロントガラスを破損させる可能性があると考えられる。一方、本実験で使用した氷を含まない雪塊が高さ5 m から落下した場合、図-5の結果からは自動車のフロントガラスが損傷する可能性は低いと考えられる。

(2) 落下した雪塊の飛散状況について

図-6は、雪塊の衝突前の最大辺の長さ x と衝突後の最大径 y の関係である。この図より、衝突前の雪塊が大きいくほど、衝突後の飛散範囲が広い結果となっ

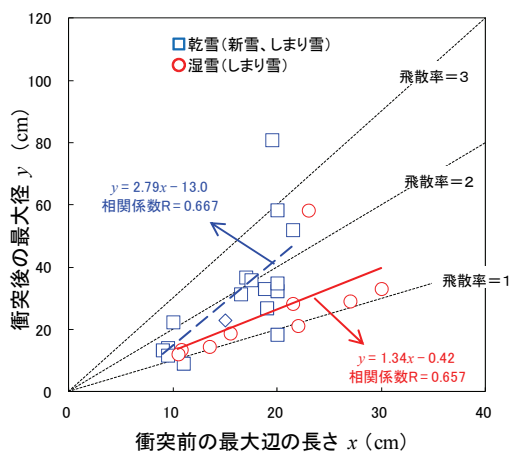


図-6 衝突前後の雪塊の大きさの比較

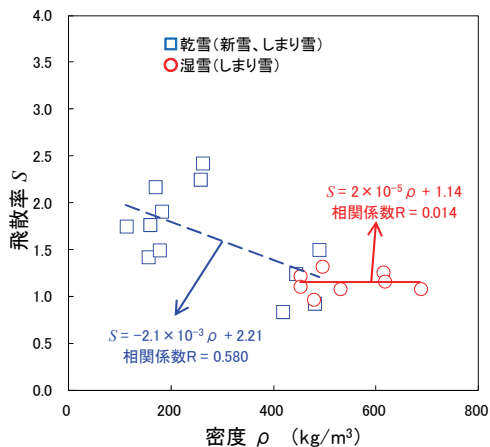


図-7 飛散率と密度の関係

た。ただし、衝突後の飛散率には、乾雪と湿雪で異なる傾向がある。湿雪の場合は、雪塊の大きさに関わらず飛散率はほぼ1であるのに対し、乾雪の場合は、雪塊が15 cm 以上になると飛散率は2~3となった。乾雪の方がより広範囲に広がる傾向がある。

図-7は、飛散率と雪塊の密度の関係である。乾雪の飛散率が2~3となるのは密度 200kg/m^3 以下の場合で、密度が 400kg/m^3 以上になると飛散率は1となる傾向がある。一方、湿雪の場合は、密度の大きさに関わりなく飛散率は1となった。

ドライバーの視界遮断に関わる着氷雪性状として、落下した雪塊の飛散率から考える。道路案内標識の裏面梁部への着雪試験⁸⁾によると、降雪頻度が高く気温が低い地域では、一度の降雪で50 cm 以上の着雪の発達事例が年に数回観測されている。落雪による雪塊の飛散率が2の場合、大きさ50 cm の雪が落下すると、約1 m の範囲の視界を遮ることになる。30 cm の大きさでも60 cm の範囲に広がることになり、これは自動車のフロントガラスのほぼ全面を覆うことに相当する。よって、雪塊が小さくても視界を妨げる可能性のある飛散率2以上の雪質に着目すると、図-7より密度 200kg/m^3 以下の乾雪が視界遮断の危険性をもつと考えられる。

2.3 被害に至る着氷雪性状のまとめ

着氷雪の落下による衝撃荷重により損傷を与える可能性が高い着氷雪性状は、密度 750kg/m^3 以上の硬くしまった雪や氷であり、飛散によって視界を妨げる可能性のある着氷雪性状は、密度 200kg/m^3 以下の乾雪であると考えられる。

ただし、以上の実験は、限られた高さから落下した雪塊の結果であり、また走行する自動車のフロントガラスに衝突した場合は、飛散状況が異なる可能性がある。今後このことについても把握する必要があると考えられ、引き続き基盤研究38「落氷雪が与える影響の評価手法に関する研究」で実験を行う予定である。

3. 着氷雪対策が必要となる気象条件について

着氷雪対策が必要となる気象条件について、実際に道路案内標識の雪落とし作業が行われている箇所気象状況について調査を行った。また、実物大の試験用案内標識を用いて、着氷雪やそれが落下するときの気象条件について現地観測を行った。

3. 1 雪落とし作業時の気象状況

3. 1. 1 雪落とし作業に関する資料調査方法

調査は、一般国道 230 号の札幌から留寿都村までの約 83km 区間を対象に行った(図-8)。この区間は、札幌の市街地、定山溪付近の山間部、標高 835m の中山峠など土地利用形態や地理的特徴、気候状況に関して変化のある地域である。

雪落とし作業が行われた箇所と日付は、平成 17 年度(2005 年 11 月~2006 年 3 月)の道路維持作業者が記録した作業日報と写真帳から調べた。作業日報に記載されている作業人数から、作業にかかる平均人数を求めた。写真帳には、作業前と作業後の写真に時刻が記載されており、この時刻の差から作業時間を求めた。

雪落し作業が行われた日の気象状況を把握するため、調査対象区間に位置する気象庁の札幌管区気象台とアメダスの喜茂別と小金湯、北海道開発局道路気象テレメータの無意根、東中山、川上、三ノ原の 7 箇所(図-8)における気温、積雪深、風速の観測値(ただし、アメダス小金湯は積雪深のみ)を用いた。日降雪強度は、積雪深の日別値の前日との差とした。

3. 1. 2 雪落とし作業に関する資料調査結果

調査の結果、対象区間における道路案内標識の設置数は 113 箇所であった。また、雪落とし作業にかかる人数は平均 5.4 人、作業時間は 1 箇所あたり平均 12 分であった。この結果より、対象区間内すべて



図-8 調査対象区間と気象観測所の位置

の道路案内標識の雪落とし作業には、1 回につき延べ 22.6 時間の時間が必要となり(ただし、移動時間は含まない)、道路案内標識の雪落とし作業は、非常に手間のかかる作業であることが再確認できた。

図-9 は、各道路案内標識の雪落とし作業日数と、各気象観測所における平均気温、最大積雪深、平均日降雪強度を比較したものである。図-9 より、雪落とし作業日数は、20~60KP の区間で多く 30 日以上である。特に、中山峠の 45KP 付近における雪落し作業日数は 41 日と最も多い。20~60KP の区間は、平均気温が -3°C 以下(図-9 a)、最大積雪深は 70cm 以上(図-9 b)と、気温が低くかつ雪が多い。さらに、この区間は平均日降雪強度が 3cm/day 以上(図-9 c)であり、20~60KP の区間では、一度の降雪における積雪深の増加量が多い特徴がある。このこ

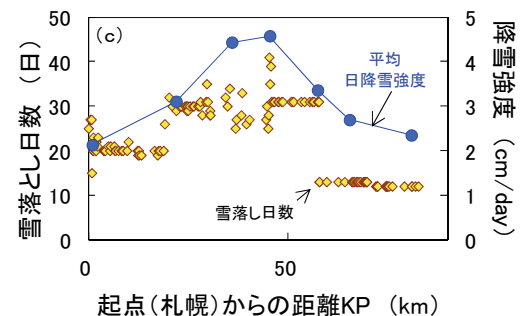
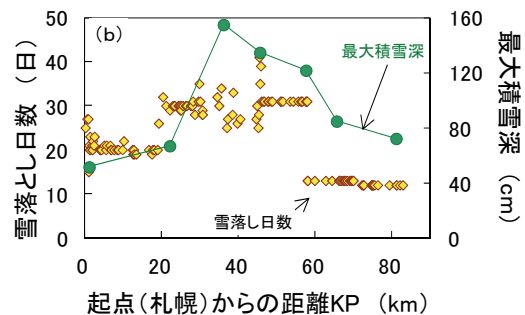
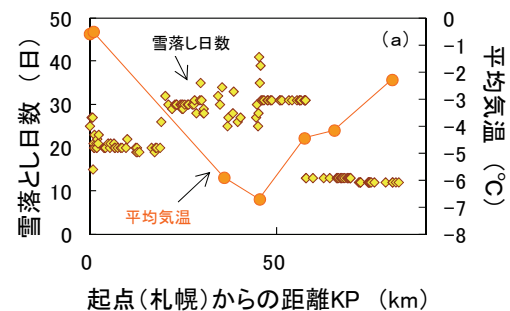


図-9 雪落とし作業日数と(a)平均気温、(b)最大積雪深、(c)平均日降雪強度の比較

とから、調査対象区間において雪落とし作業日数の多い地域では、比較的強い降雪状況下における乾き雪によって形成された着雪を対象に雪落とし作業が行われていたと考えられる。

3. 2 実物大試験用標識を用いた現地観測

3. 2. 1 現地観測の方法

実物大の試験用標識（図-10）を用いて、標識裏面梁材への着雪とそれが落下（落雪）するときの気象条件を把握するための現地観測を行った。現地観測は、札幌中心部から南西約45kmに位置する中山峠で行った。梁材の着雪の状況は、静止画像を1時間間隔（昼間のみ）で記録して把握した。着雪の発生は、毎日午前9時の画像を基準として、前日の画像に雪がなく翌日に着雪がみられた場合とした。

また、梁材の上部表面と下部表面の表面温度（図-10）と気温の観測を行い、風速と積雪深は現地観測地に隣接する寒地土木研究所の中山峠吹雪観測所における観測値を用いた。これらの観測データは、着雪発生の判断に合わせて24時間（前日9:10～当日9:00）ごとに整理した。降雪深は、1時間ごとの積雪深の差の24時間合計値とした。

なお、以下で示す結果は、2006年12月7日から2007年3月15日までの期間における観測結果を解析したものである⁸⁾。

3. 2. 2 現地観測の結果

図-11は、着雪が確認された前24時間の降雪時の平均気温と降雪深の関係である。この図より、ほとんどの着雪事例が、気温0℃以下の乾いた雪により発生した。カメラ画像により着雪状況を確認すると、最も気温の高い12月28日の事例では、足場の手摺や標識板などの幅の狭い箇所にも雪が積もっており、着雪の形状は対象物の幅を超えて張り出して

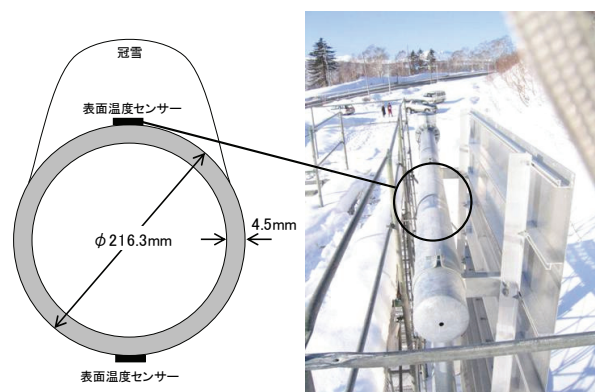


図-10 表面温度の測定状況(左)と試験用標識(右)

いる。また気温が低い3月14日の事例でも着雪がみられるが、対象物の幅は超えていない。一般的に着雪は、前者の事例のように、気温0℃付近の降雪において顕著に発達するが⁹⁾、今回の観測のように、直径が約22cmと幅のある梁材には気温0℃以下の乾き雪でも着雪が発達することが確認された。

図-12は、着雪事例における前24時間の平均風速と降雪深の関係である。風速2m/s以下の弱風下では降雪深の多少に関わらず着雪は発生し、それより風が強い状況では降雪深が大きい場合にのみ着雪が発生する傾向にある。風が強い場合、風による吹き払い効果が働くため、降雪深が小さいと着雪は発達しないと考えられる。

一方、この観測期間における落雪のほとんどは着雪が融けている最中に発生した。一例として、図-13に、2006年12月25日における落雪時の気温、日射量、標識の表面温度の推移およびカメラ画像を示す。気温と表面温度の推移に着目すると気温は-5℃

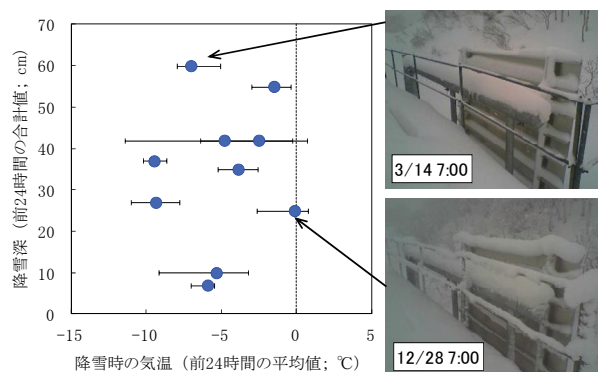


図-11 着雪前24時間の降雪時の平均気温と降雪深の関係及び顕著事例の画像。図中●は平均気温、横棒は最高及び最低気温。

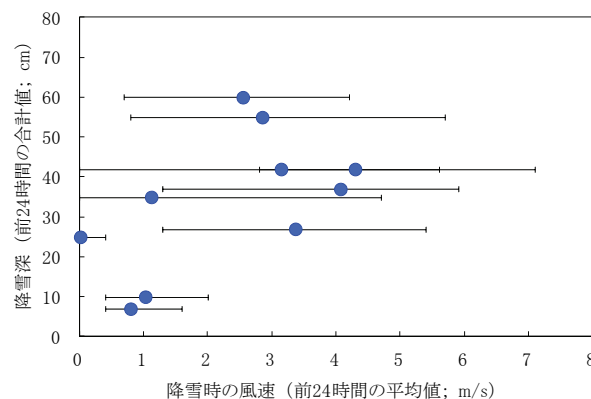


図-12 着雪前24時間の風速と降雪深の関係 図中●は平均風速、横棒は最大及び最小風速。

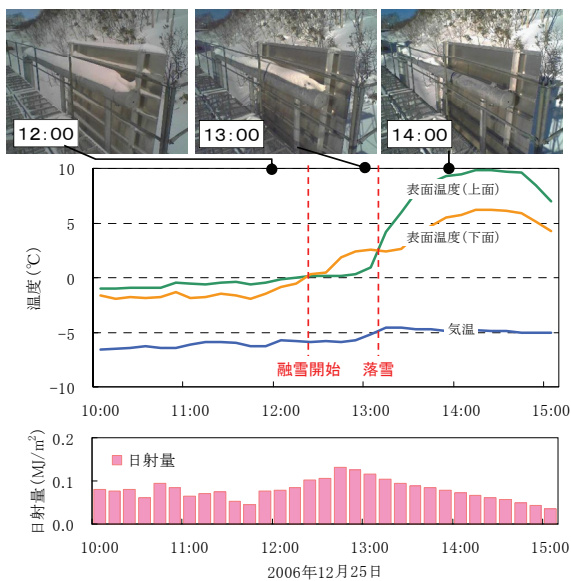


図-13 落雪時の温度推移と着雪状況の例



図-14 つららの形成事例

以下だが、日射の影響により表面温度は 0°C 以上となっている。特に 12 時頃からは、着雪が載っている梁材上部の表面温度はほぼ 0°C 一定で推移する一方で、下部の表面温度は上昇を続け、上下の表面温度の差が大きくなる。このとき着雪の底面で融雪が起きたと考えられ、カメラ画像では冠雪が画面奥側へ移動している。13 時をすぎると、上部の表面温度が下部の表面温度より高くなり、冠雪はこの直前に落下した。

上記事例のように、融雪によって着雪が落下するのは、梁材の温度が 0°C 以上となると考えられる。ただし、この梁材の表面温度が 0°C 以上となっても着雪が落下しない場合、融けた雪の再凍結によって氷板やつららを形成する場合はみられた (図-14)。氷板やつららが落下した場合、通行車両の破損が懸念される (2.2.2 節参照)。よって、着雪が発生

した場合は、氷板やつららが形成される状況为避免、融雪と再凍結が繰り返し起きる前に、できるだけ短い期間に着雪を取り除く必要があると考えられる。

3. 3 着氷雪対策が必要となる気象条件のまとめ

着氷雪対策が必要となる気象条件として、平均風速 2m/s 以下の条件では、降雪深に関わらず着雪は発生し、それより風が強い状況では降雪深が大きいときに着雪が発生する傾向があることが示された。一方、気温に明確な着雪発生条件がみられなかった^{10)~12)}が、これは梁材の幅があるために、気温が低く乾いた雪でも着雪が生じることにあると考えられる。ただし、着雪対策が必要となるより具体的な気象条件、特に着雪の融解と再凍結によるつららの形成に関する気象条件については、今後の課題である。

4. 簡便な着氷雪対策手法について

被害に至る着氷雪性状 (2.章) と着氷雪対策が必要となる気象条件 (3.章) に関する調査結果を踏まえ、簡便な着氷雪対策の考え方としては、着氷雪の量を少なくすること及びつららや氷板の形成を避けるためにできるだけ短い時間 (例えば 24 時間程度) で着氷雪を落とすことが必要であると考えられる。よって、以下に示す簡便な着氷雪対策手法の検討において、着氷雪の量と落雪までの時間を指標に検討を行うこととする。

4. 1 既往の着氷雪対策手法に関する調査

4. 1. 1 既往の対策手法に関する調査方法

道路案内標識の簡便な着氷雪対策手法について、既往の文献や資料を調べ、その考え方を整理する。特に、着雪の現象解明や対策に関しては、古くから多くの研究が行われており、送電線や電話線、アンテナ、航空機、標識板、信号などの構造物ごとに対策が検討されてきた。そのため、この資料調査では、道路分野に限らず、幅広い分野における文献や資料を調べた。

4. 1. 2 既往の対策手法に関する資料調査結果

調査の結果¹³⁾、これまで検討されてきた着氷雪対策の方法を整理すると、表-1 に示すように、①雪を付着させない方法 (難着雪法)、②付着した雪を取り除く方法 (着雪除去法)、③付着した雪を落下させない方法 (落雪防止法) の 3 つに分けられる。

人力による雪落し作業 (3.1 章) は、②着雪除去法にあたる。着雪除去法には、機械力や熱を使って

表-1 着雪・落雪対策の分類¹³⁾

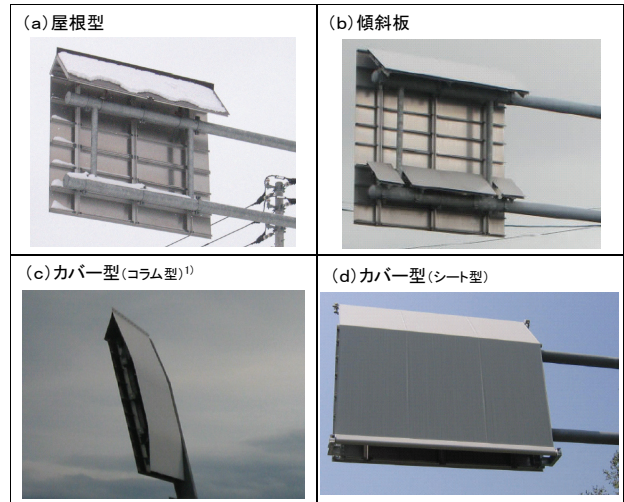
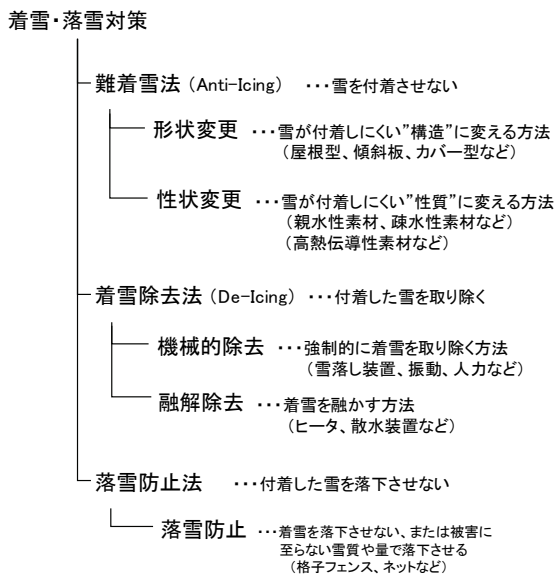


図-15 道路案内標識の形状変更による対策例

して、屋根や傾斜板を取り付けて形状を変更する難着雪法による対策に着目した。

着雪を除去する方法^{14) 15)}も提案されているが、実用化及び運用コスト面でその他の方法に比べ課題がある。③落雪防止法には、格子を利用して着雪を構造物上に保持して少量ずつ落とす方法^{16) 17)}が提案されている。しかし、湿雪の場合は格子が着雪の発達を助長することや¹⁸⁾、着雪が構造物上に長く残るので、着雪の融解と再凍結によってつららが形成されやすくなることなどが懸念される。

難着雪法には、部材表面を雪が付着しにくい性質に変える方法 (性状変更) と、雪が付着しにくい構造に変える方法 (形状変更) がある。性状変更による方法は、塗料等により部材表面を雪が付かない性質に変える方法^{1) 19) 20)}である。しかし、この性状を維持するためには、数年に一度程度、塗料等の塗り替えが必要な場合が多く、効果の永続性が課題である。一方、形状変更による方法は、道路案内標識に屋根等を取り付けて、着雪を発達させにくい形状に変更して少量のうちに落下させるという考え方である (図-15)。この方法に関する検討は、北陸地方や北海道で行われてきたが^{1) 15) 21)~23)}、北海道ではその形状に関する明確な基準はない。また、広域な北海道では、地域によって異なる気象条件や雪質により同じ対策工でも効果に差が生じると考えられるが、これに関する十分な知見は得られていない。

よって、本研究では、道路に数多く設置されている大型の道路案内標識の着雪対策として、既存の標識に簡易に取り付けることができ、設置後のメンテナンスが不要であり、かつ着雪を低減させる方法と

4. 2 簡便な着氷雪対策手法に関する現地試験

4. 2. 1 実物大試験用標識を用いた現地試験方法

(1) 現地試験の概要

試験は、札幌市中心部から南西約 45km に位置する中山峠 (標高 835m)、札幌市内の寒地土木研究所 (以下、札幌)、定山溪ダム流木処理場 (以下、定山溪) の 3 箇所で行った。図-16 に示す実物大の試験用道路案内標識 (片持式、F 型柱) を用いて行った。

試験では、形状の違いとして山型屋根と傾斜板 (片屋根)、勾配として 45° と 60° のものを用意し、これらの組合せによる 4 種類の対策工 (表-2 の A-45、A-60、B-45、B-60) を試験用標識の裏面梁材に取り付けて試験を行った。材質はアルミである。試験は、無対策の場合として梁材 (STK、直径 216.3mm、厚さ 4.5mm) そのままの状態でも実施し、着雪状況について対策工と比較を行った。なお、定山溪では、傾斜板 (B-45、B-60) のみの試験とした。

表-2 各対策工の仕様

記号	形状 (長さ、幅、厚さ: mm)	勾配
A-45	山型屋根 (440 (片方の屋根) × 450 × 2)	45°
A-60	山型屋根 (450 (片方の屋根) × 450 × 2)	60°
B-45	傾斜板 (700 × 450 × 2)	45°
B-60	傾斜板 (560 × 450 × 2)	60°

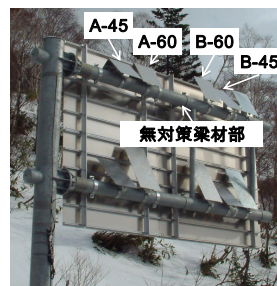


図-16 試験状況

(2) 着雪と落雪の回数及び着雪時間の観測方法

各対策工の効果を、着雪の継続時間から把握するため、着雪と落雪の発生状況を静止画像（10分間隔）で記録した。ただし、夜間の画像は着雪状況の判断が困難なため、昼間（5:00～17:00）の画像のみを使用した。また、降雪が強い場合などは、画像が不鮮明なため欠測とした。

画像から、各対策工または無対策梁材全体に雪が積もった場合を着雪発生と定義し、着雪の発生回数と着雪している時間（以下、着雪時間）を調べた。また、着雪量は周辺部材等の大きさから積もった雪の深さを目測で画像より判断し、無着雪状態から10cm刻みで5段階に分けた。

試験期間は、中山峠が2007年12月14日～2008年3月2日、札幌が2008年12月12日～2009年3月15日、定山溪が2010年12月24日～2011年3月13日のそれぞれ約3ヶ月間である。なお、試験期間中の気象状況を把握するため、気温、風速、風向、積雪深の観測を10分間隔で行った。

4. 2. 2 実物大試験用標識を用いた現地試験結果

(1) 試験期間の気象状況

中山峠の試験期間中の平均気温は -9.0°C （最高気温： 2.0°C 、最低気温： -17.1°C ）で、試験期間を通じほぼ真冬日に占められ、最高気温が 0°C を超えた日はわずか3日のみであった。一方、札幌の平均気温は -1.5°C （最高気温： 9.5°C 、最低気温： -10.2°C ）で、中山峠に比べ平均気温で 7.5°C 高かった。また、定山溪の平均気温は -6.5°C （最高気温： 8.1°C 、最低気温： -19.9°C ）で、中山峠と札幌の中間の気温であった。

最大積雪深は、中山峠が233cm、札幌が48cm、定山溪が154cmであった。各地点の最大風速は、中山峠では 10.3m/s （平均風速： 2.2m/s ）、札幌では 5.4m/s （平均風速： 1.0m/s ）、定山溪では 5.7m/s （平均風速： 1.4m/s ）であった。また風向は、中山峠と定山溪では試験用標識裏面に対してほぼ直角の方向から吹き付ける風向が多かった。一方、札幌の風向は試験用標識裏面に対し、斜め $22\sim 45^{\circ}$ から吹き付ける風向が多かった。

(2) 着雪と無着雪の時間について

図-17aは中山峠における着雪時間と無着雪時間である。無対策梁材の着雪時間は799時間、無着雪時間は9時間であることから、着雪が発生しやすい状況での試験となった。中山峠の対策工の着雪時間

は、A-45、A-60、B-45では無対策梁材と比べてそれほど変わらない結果となったが、 60° 勾配を持つ傾斜板B-60の着雪時間は675時間となり、無対策梁材に比べ約120時間の減少となった。また、無着雪時間においても、B-60の無着雪時間が最も長かった。

札幌（図-17b）では、無対策梁材の着雪時間と無着雪時間がほぼ同じであることから、試験期間のほぼ半分で着雪が発生する状況での試験となった。各対策工は、無対策梁材に比べて着雪時間が短く、無着雪時間が長い傾向にあり、特に 60° 勾配をもつ

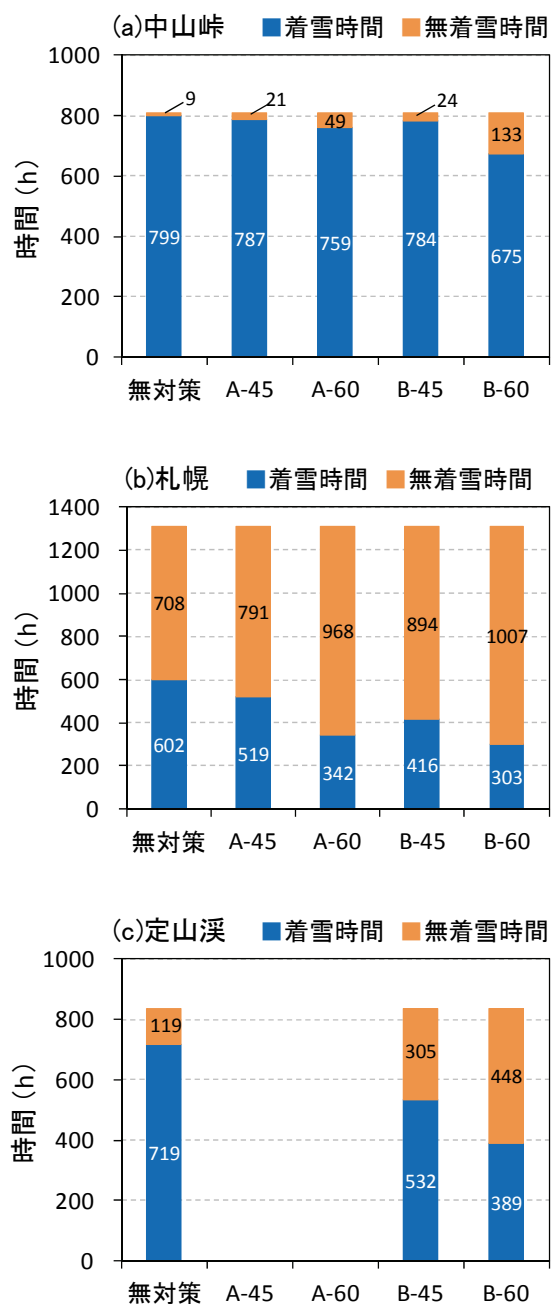


図-17 対策工と無対策梁材の着雪及び無着雪時間

A-60 と B-60 は、無対策梁材に比べて着雪時間を約 50%に抑え、無着雪時間は 1.4 倍程度長い結果となった。定山溪 (図-17c) では、無対策梁材の着雪時間が 719 時間と中山峠に次いで多いが、対策工により着雪時間が短くなり、B-45 で 532 時間、B-60 で 389 時間になった。

(3) 着雪量について

図-18 は、着雪時間を着雪量ごとの割合でみた結果である。中山峠 (図-18a) では、無対策梁材の場合、着雪量 30cm 以上の割合が約 60%であるのに対し、B-60 では 40%以下に抑えられた。また、着雪量が 20cm 以下の割合は、無対策梁材の 20%に対して B-60 では約 60%となった。つまり、中山峠のような低温で雪の多い気象状況では、対策工による全体の着雪時間 (図-17a) の減少効果はそれほど大きな

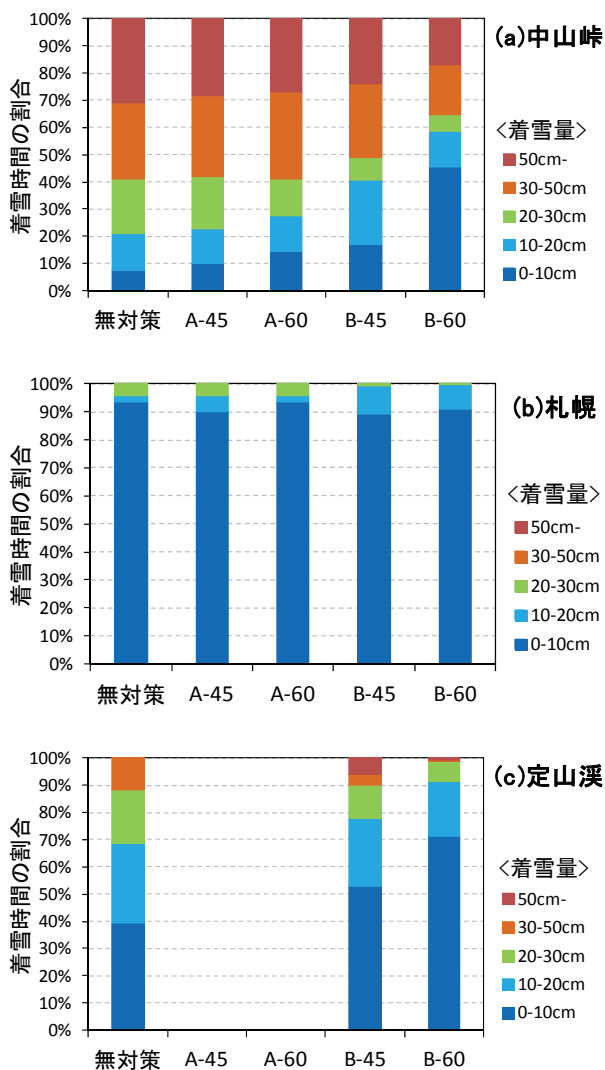


図-18 対策工と無対策梁材の着雪量別の着雪時間

いが、着雪量を低減させる効果を持つといえる。しかし、山型屋根の対策工 (A-45、A-60) では、無対策梁材と変わらない結果となった。

一方、札幌 (図-18b) では、ほとんどの着雪事例が 10cm 未満であった。着雪量 20cm 以上となる場合は、無対策梁材と山型屋根 (A-45、A-60) で約 5% (15~25 時間)、傾斜板 (B-45、B-60) では数時間であった。また、定山溪 (図-18c) では、無対策梁材の場合、着雪量が 30cm 以上となる割合が約 10% である。これに対し、対策工 B-45 でも、無対策梁材と同様に、着雪高が 30cm 以上となる割合が約 10% あり、勾配 45° の傾斜板では、着雪量の低減はあまり見込めない結果となった。一方、対策工 B-60 では、着雪量 30cm 以上の割合が大きく減少した。

(4) 着雪 1 事例あたりの平均時間について

着雪時間 (図-17) を着雪が発生した回数 (図省略) で除した値を、着雪の 1 事例あたりの平均着雪時間と考え、図-19 に示すとおりとなった。着

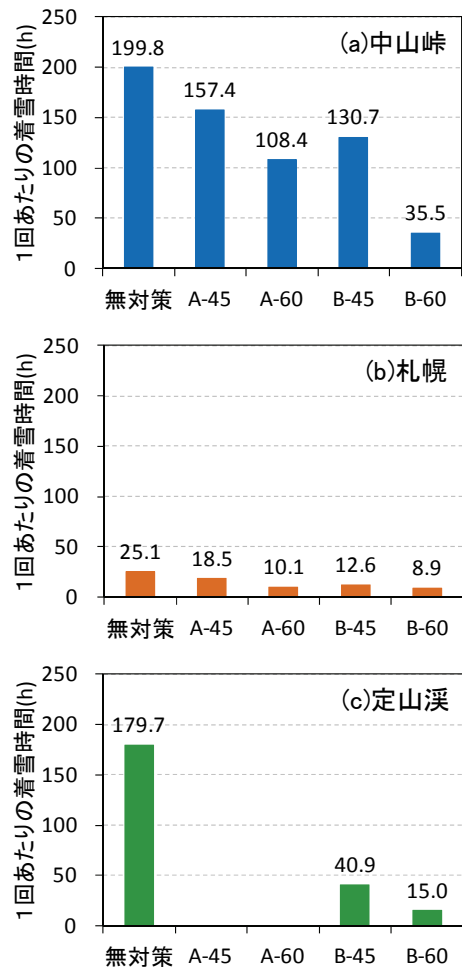


図-19 着雪 1 事例あたりの平均時間

雪 1 事例あたりの平均時間について、中山峠（図-19a）では、無対策梁材の 199.8 時間に比べて、各対策工とも着雪時間が短く、特に B-60 は 35.5 時間と大幅に減少した。札幌（図-19b）では、無対策梁材の 1 事例あたりの着雪時間が 25.1 時間であるのに対し、A-60 で 10.1 時間、最も着雪時間が短い B-60 で 8.9 時間となった。このように、対策工により、着雪してから半日程度で落雪すると考えられるが、A-45 は対策工の中では最も 1 事例あたりの着雪時間が長く 18.5 時間であった。さらに、定山溪（図-19c）では、無対策梁材の 179.7 時間に対し、B-45 で 40.9 時間、B-60 で 15.0 時間と、対策工により 1 事例あたりの平均の着雪時間を短くすることができると考えられる。

4. 3 簡便な着氷雪対策手法のまとめ

大型の道路案内標識の裏面梁材に発達する着雪の簡易対策工の効果について、北海道内の気象の異なる 3 箇所で現地試験を実施し、対策工の基本形状と着雪量や着雪時間との関係を調べた。試験の結果、対策工により着雪量が減少して早期に落雪し、着雪時間が短くなる効果を有することが示された。この効果は、対策工の形状が山型屋根よりも傾斜板の方が、勾配 45° よりも 60° の方が大きい結果となった。また、低温で雪の多い中山峠では、勾配 60° の傾斜板（B-60）でのみ顕著な効果がみられ、札幌市街地のように昼間の気温が 0°C 以上となる日が比較的多い地域では、勾配 45° の傾斜板（B-45）や勾配 60° の山型屋根（A-60）でも、勾配 60° の傾斜板（B-60）に近い効果が見込めることが示された。

なお、現地試験では、表-2 に示す対策工以外の形状を変えた対策工についても試験²⁴⁾を行ったが、勾配 60° の傾斜板以上の着雪の量及び時間の低減はみられなかった。よって、本研究では、道路案内標識の裏面梁材に発達する着雪の簡易対策工として、勾配 60° の傾斜板を提案する。

5. まとめ

本研究では、道路案内標識の裏面梁材に発生する着雪や冠雪の簡易な対策方法を提案することを目的として、被害に至る着氷雪性状、着氷雪対策が必要となる気象条件、簡便な着氷雪対策手法について検討を行った。

その結果、道路案内標識の梁材への着雪は、降雪の多い地域で顕著であり、気温が低く乾いた雪でも

梁材に着雪が発達することが明らかとなった。また、着氷雪の落下による被害は、密度が高くて硬い雪や氷による車両の破損と、密度が小さい乾雪の飛散によるドライバーの視界遮断があることがわかった。

これらの結果を踏まえ、簡便な着氷雪対策の考え方として、着氷雪の量を少なくすること及びつららや氷板の形成を避けるためにできるだけ短い時間で着氷雪を落すことに着目して、簡便な着氷雪対策手法に関する現地試験を実施した。現地試験の結果、梁材に傾斜板を取付けることにより着雪量が減少して、着雪時間が短くなることが示された。また、この対策工の形状としては傾斜板がよく、勾配は 60° 程度あることが望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤克己、田島功章：「道路標識等における冠雪対策」、第 21 回北陸雪氷技術シンポジウム、2006
- 2) 渡辺章、川畑光人、北村豊、竹内政夫：「支笏大橋の着雪・落雪対策について」、第 20 回ふゆトピア研究発表会論文集(CD-ROM)、2008
- 3) 佐藤圭輔、後藤浩之：「白鳥大橋の着雪対策について～安全で円滑な冬期交通の確保を目指して～」、第 20 回ふゆトピア研究発表会論文集(CD-ROM)、2008
- 4) 服部典之、菅野陽一：「橋梁の落雪防止装置について～最先端の地元技術を利用した公共事業～」、第 17 回ふゆトピア研究発表会論文集、pp.199-203、2005
- 5) 松下拓樹、坂瀬修、上田真代、松澤勝：「落雪の衝撃圧と飛散状況からみた被害発生の可能性について」、寒地技術論文・報告集、Vol.25、pp.363-368、2009
- 6) 小竹達也、苔米地司、西川薫：「屋根上積雪の落雪による衝撃荷重に関する一考察」、日本建築学会構造系論文集、543、pp.31-36、2001
- 7) 日本工業標準調査会：「自動車用安全ガラス試験方法」、JIS R3212、35pp、1998
- 8) 松下拓樹、伊東靖彦、加治屋安彦：「現地観測による道路案内標識の冠雪および落雪過程の把握」、北海道の雪氷、26、pp.49-52、2007
- 9) 石坂雅昭、嘉戸昭夫、佐藤篤司、椎名徹、村本健一郎：「樹木冠雪の発達と降雪粒子の種類に関する観測的研究」、寒地技術論文・報告集、20、pp.113-117、2004
- 10) 上田真代、坂瀬修、松下拓樹、松澤勝：「気候の異なる地域における着氷雪対策効果の比較」、寒地技術論文・報告集、25、pp.357-360、2009
- 11) 坂瀬修、松下拓樹、松澤勝：「道路案内標識の簡易対策工による冠雪量の低減について」、第 54 回（平成 22

- 年度) 北海道開発技術研究発表会、4(道)、2011
- 12) 坂瀬修、松下拓樹、松澤勝：「道路案内標識の簡易な対策による冠雪量の低減効果について」、寒地技術論文・報告集、27、pp.238-242、2011
 - 13) 松下拓樹：「道路案内標識の着雪・落雪対策について」、寒地土木研究所月報、No.658、pp.45-48、2008
 - 14) 高橋祐：「門型標識柱の着雪対策工法「雪落とし装置」の開発と効果について」、第19回ゆきみらい研究発表会論文集、2007
 - 15) 畦地吾一、西谷直人、村田鳴親：「標識等の落雪対策現地試験」、第17回ふゆトピア研究発表会論文集、pp.204-207、2005
 - 16) 岳本秀人、植野英睦、竹内政夫、千葉隆弘、浅野豊：「橋梁の着氷雪対策工法に関する評価と格子フェンスの開発」、日本雪工学会誌、Vol.22、pp.357-362、2006
 - 17) 菊池武彦、田中一成、齊藤寿幸：「送電設備の着氷雪対策」、雪氷、68、pp.457-466、2006
 - 18) 梅田正浩：「橋梁部材からの落雪対策の研究(その2)」、福井県雪対策・建設技術研究所年報地域技術、19、pp.11-20p、2006
 - 19) 吉田光則、吉田昌充、金野克美、染谷宏、森脇元宏：「着氷防止技術に関する研究(第4報)ー滑雪塗料の開発とその評価についてー」、北海道立工業試験場報告、No.302、pp.87-91、2003
 - 20) 氷見清和、高林外広、石井雅：「光触媒膜を用いた滑雪板の開発」、第18回ゆきみらい研究発表会論文集、2006
 - 21) 伊東敏幸、湯浅雅也、苫米地司、今津隆二：「着氷雪性に及ぼす材料特性に関する考察」、日本雪工学会誌、Vol.11、pp.283-290、1995
 - 22) 湯浅雅也、今津隆二、藤原真也、苫米地司：「道路構造物における着雪・冠雪抑制対策に関する基礎研究」、寒地技術論文・報告集、Vol.15、pp.70-73、1999
 - 23) 吉田光則、吉田昌充、金野克美：「着氷防止技術に関する研究(第3報)ー滑雪と材料表面特性についてー」、北海道立工業試験場報告、No.299、pp.13-17、2000
 - 24) Osamu Sakase, Hiroki Matsushita and Masaru Matsuzawa: "Improvement of simple measures to prevent snow accumulating on road information signs in regions with heavy snowfall". Proceedings of the 14th International Workshop on Atmospheric Icing of Structures (IWAIS), P2_32_ID208, 2011.

MEASURES FOR CONTROLLING SNOW AND ICE ACCRETION ON ROAD SIGNS

Budget : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2008-2012

Research Team : Cold-Region Road Engineering
Research Group
(Snow and Ice Research Team)

Author : MATSUZAWA Masaru
NAKAMURA Hiroshi
MATSUSHITA Hiroki
KASAMURA Shigeyuki

Abstract: Toward proposing a simple and efficient way to control snow accretion on the cross-beams of road signs, we examined the followings: the meteorological conditions under which snow accretion control is required, the characteristics of snow accretion that induce accidents and simple measures for controlling snow accretion. The results revealed that snow accretion on road signs predominates under the conditions of heavy snowfall and low wind velocity. In accidents induced by snow accretion, there was damage to vehicles caused by very hard falling snow and/or ice that formed by the thawing and freezing of snow. In addition, accidents caused by impairment of the driver's visibility due to the scattering of snow are more likely in the case of dry, low-density snow. We focused on reducing the amount and duration of snow accretion so as to avoid the formation of ice layers and icicles on the cross-beams of road signs. We conducted field experiments to investigate that reduction. The experiments shows that installing plates with a 60° tilt on cross-beams of road signs reduced the amount and duration of snow accretion relative to conventional road signs.

Key words : snow accretion, snow accumulation on road sign, falling snow, road sign, measures for controlling snow accretion