

道路案内標識の着雪・落雪対策について

雪 氷 チ ー ム

1. はじめに

降雪が地上構造物に付着する着雪現象は、交通障害や停電などの被害を引き起こす。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。

このうち道路標識板への着雪は、強風を伴った降雪時に発生するため、標識板を傾斜させることによって標識板に沿う風の流れを強くして着雪防止を図る対策がとられている¹⁾。一方、大型の道路案内標識では、裏面の梁材に雪が積もり(図-1)、これが落下して通行車両の視界を妨げたり車体を破損させる被害が発生し問題となっている。道路案内標識の梁材の着雪・落雪対策は主に北陸地方を中心に検討されてきた。北海道では主に人力による雪落とし作業が行われている。

本解説では、着雪現象の基本的性質とこれまで検討されてきた道路案内標識梁材の着雪・落雪対策について解説する。

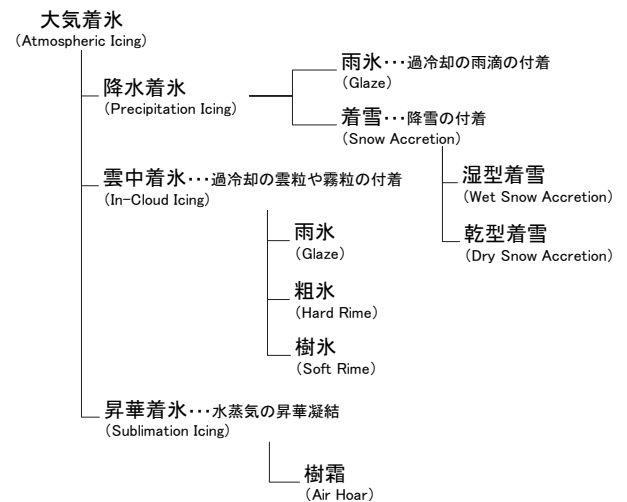
2. 着雪の定義

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。また、樹木や電柱などの頂部に帽子状に積もった雪や現象を冠雪という。雪が構造物上に積



図-1 道路案内標識の着雪例

表-1 着氷の分類²⁾



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。本解説では、冠雪を含めた広い意味で着雪と呼ぶことにする。

着雪は、表-1²⁾に示す大気着氷の一現象に位置づけられる。大気着氷は、付着するものによって分類され、降雪粒子や過冷却雨滴が付着凍結する降水着氷、過冷却の雲粒や霧粒が付着凍結する雲中着氷、水蒸気が昇華凝結する昇華着氷に分けられる。着雪は降水着氷のうち降雪粒子が付着する現象をいう。さらに、着雪は降雪粒子に融解水を含むか含まないかでその性状が大きく異なるので、液体の水の含有量の大きい降雪粒子が付着する湿型着雪と、液体の水の含有量が小さいかまったくない降雪粒子が付着する乾型着雪に分類される。

3. 着雪の基本的な性質

乾型着雪と湿型着雪では発生機構が異なるため、これらの性状を踏まえた上で、着雪対策について議論する必要がある。以下に、湿型着雪と乾型着雪の基本的性質について述べる。

3.1 湿型着雪

湿型着雪は、主に降雪時の気温が0～2℃のときに生じる²⁾。気温が0℃よりわずかに高いとき、降雪粒子は落下中に少し融けて水を含み、この水分による毛管力が付着力として作用する。その付着強度は、含水率が10～15%のとき最大となる³⁾。一方、気温が0℃以下でも、日射等によって構造物の表面温度が0℃以上である場合、衝突した降雪粒子の一部が瞬時に融けて湿型着雪として降雪粒子が付着する。構造物に一度雪が付着すると、今度は雪と雪の付着となるので、衝突する降雪粒子は次々に付着して着雪が発達していく。

湿型着雪は、あらゆる構造物に付着するやっかいな現象である。特に風を伴う場合、短時間に多量の雪が付着するので、大きな災害につながる可能性が高い。

3.2 乾型着雪

乾型着雪は、含水率の小さい乾いた降雪粒子の付着現象である。乾き雪の付着は、複雑な形状をした降雪粒子の機械的な絡み合い、焼結による凍着力、静電相互作用等の分子間力などによって生じる⁴⁾。積もったばかりの乾き雪の付着力は小さいが、時間の経過とともに接触面における焼結が急速に進み付着力は大きくなっていく。この付着力は気温に依存し、0℃以下から徐々に強度が大きくなり、-10℃以下になるとその強度は最大となる⁵⁾。しかし、乾型着雪の付着力は、一般的に湿型着雪に比べて小さい。

乾型着雪の特徴の一つは、構造物によってその発生条件が異なることである。例えば、電線(線状の構造物)

に対して強風は着雪を吹き飛ばす作用が働き⁴⁾、道路標識(板状の構造物)に対しては風速5 m/s以上で強く衝突することによって着雪する¹⁾。よって、各構造物に応じた対策が必要となる。

4. 道路案内標識の着雪・落雪対策

道路案内標識の着雪・落雪対策に関する研究は、主に北陸地方と北海道の機関を中心に行われてきた。これまで検討された着雪・落雪対策方法を、表-2に示す。対策方法は、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。

4.1 難着雪法

道路案内標識の着雪・落雪対策として、最も検討されてきたのが難着雪法である。難着雪法には、雪が付着しにくい構造に変える方法(形状変更)、雪が付着しにくい性質に変える方法(性状変更)がある。

(1) 形状変更

道路案内標識の形状変更として、主に道路案内標識の上部に屋根を取り付ける方法(図-2a)、梁材に傾斜板を取り付ける方法(図-2b)が検討されている。これは勾配を持った板や屋根を取り付けることで、少量のうちに雪を落下させる方法である。

この屋根や傾斜板の勾配が60°以上の場合に顕著な効果があるとされる⁶⁾⁷⁾が、道路案内標識の構造によってはそれ以下の勾配にならざるを得ない場合もあ

表-2 着雪・落雪対策の分類

着雪・落雪対策

難着雪法 (Anti-Icing) …雪を付着させない	
└ 形状変更 …雪が付着しにくい"構造"に変える方法 (屋根型、傾斜板、カバー型など)	
└ 性状変更 …雪が付着しにくい"性質"に変える方法 (親水性素材、疎水性素材など) (高熱伝導性素材など)	
着雪除去法 (De-Icing) …付着した雪を取り除く	
└ 機械的除去 …強制的に着雪を取り除く方法 (雪落とし装置、振動、人力など)	
└ 融解除去 …着雪を融かす方法 (ヒータ、散水装置など)	
落雪防止法 …付着した雪を落下させない	
└ 落雪防止 …着雪を落下させない、または被害に至らない雪質や量で落下させる (格子フェンス、ネットなど)	

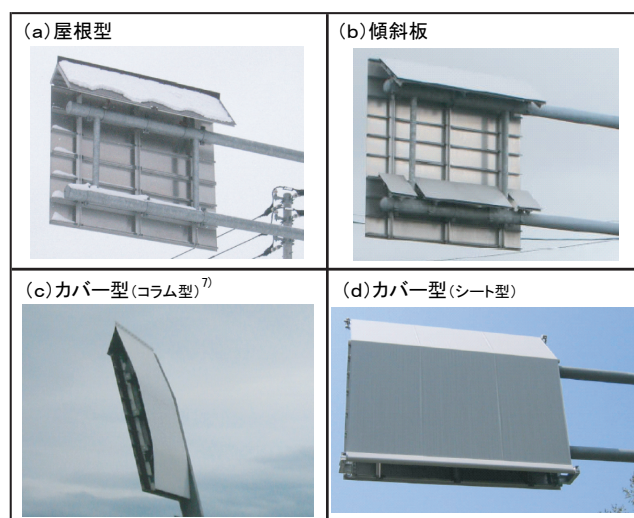


図-2 道路案内標識の形状変更による対策例

る。また、本州など湿型着雪の発生頻度が高い地域では、形状変更のみでは十分な効果を期待できない場合がある。そのため、道路案内標識の裏面全体をカバーで覆う方法⁷⁾も試行されている(図-2c及び2d)。

(2) 性状変更

上述の形状変更に加えて、部材表面を雪が付着しにくい性質に変える方法が試みられている。この性状変更として着目されているのが、表面素材に親水性能や疎水性能を持たせる方法である。

図-3に、表面素材が親水性の場合と疎水性の場合の着雪と部材表面との付着形態の概念を示す。親水性能による対策の考え方は、着雪が構造物との接触面で融解するとき、より多くの水を保水して水膜を形成させ、水の潤滑作用により雪を滑り落ちやすくするものである。一方、疎水性能による対策の考え方は、着雪と構造物との接触面積を最小にして付着力を小さくするものである。吉田ら⁸⁾の実験によると、おおよそ-3℃以上では親水性素材、-3℃以下では疎水性素材に難着雪効果がある。つまり、親水性素材は湿型着雪または乾型着雪の融解時に効果を有し、疎水性素材は乾型着雪に対して効果がある。最近、乾湿両方の着雪を対象として、親水性と疎水性の両方の性能を合わせ持つ塗料の開発も行われている^{6) 9)}。

しかし、性状変更による対策には耐候性や耐久性に関して課題がある。部材の性状変更には塗料が用いられるが、性状劣化のため数年に一度の塗り替えが必要である。特に、排気ガスや砂塵などの付着によって著しく難着雪性能が低下することが指摘されている¹⁰⁾。これに関して、最近、汚れの付きにくい表面処理方法として、超親水性能を有する光触媒酸化チタン等を利用した対策方法^{11) 12)}が提案されており、実用化へ向けた試験が行われている。

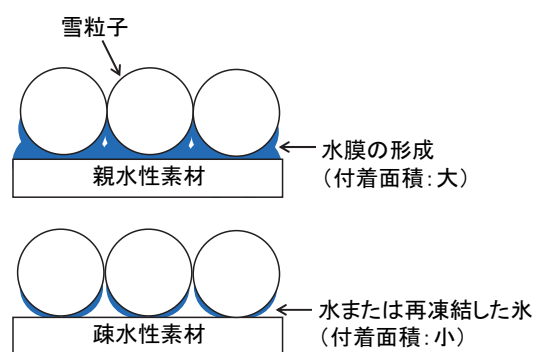


図-3 親水性及び疎水性素材と雪との接触面の概念

(3) その他

難着雪法に関して、部材の熱的物性に着目した検討もなされている。例えば、乾き雪の場合、部材の厚さの違いによって生じる熱容量の差異が付着強度に影響を及ぼし¹³⁾、気温と温度差の大きい試験体ほど着雪しにくく落雪し易い傾向にあることなどが指摘されている¹⁴⁾。このような部材の熱特性を活かして、日射等を利用して自然落雪させる方法も考えられる^{11) 15)}。

4.2 着雪除去法

着雪を取り除く方法として、機械的に取り除く方法と熱などを加えて融解させる方法がある。人力による雪落し作業も機械的除去方法の一つである。

人力以外の機械的除去方法として、雪落し装置を使って強制的に除去する方法¹⁶⁾や部材を振動させることによって着雪を取り除く方法¹⁷⁾があるが、これらはまだ基礎検討の段階である。一方、熱を加えて融解させる方法として、北陸地方において安価な発熱システムが提案されている¹⁸⁾。しかし、電源の確保が必要であることから、電源確保の難しい地域にも多く設置されている北海道の道路案内標識の対策としては、実用面で課題が残ると考えられる。また、寒冷な北海道ではヒーターを利用した場合に、融解水が再凍結してつららが形成され、これが落下することによる被害が懸念される。

4.3 落雪防止法

付着した雪を落下させない方法として、格子フェンスやネットを部材に取り付ける方法が提案されている。これは、付着した雪を保持して自然融雪させて、被害に至らない程度の雪質や量で落下させるという考え方である。橋梁¹⁹⁾や送電線²⁰⁾への適用が検討されているが、その効果に関する検討は始まったばかりである。

5. 寒地土木研究所における取り組み

当雪氷チームでは、札幌近郊の中山峠に試験用標識を設置し、着雪して落雪するまでの一連の過程を把握するために、カメラによる着雪の観察、着雪の雪質調査、梁材の表面温度計測、気象観測を実施している²¹⁾。今後、北海道における道路案内標識の対策工を検討するにあたり、現在実施している観測結果に基づき、できるだけ小規模な形状変更で雪が積もりにくくすること、日射等によって被害に至らない雪質や量で自然落雪させるなど、自然の力を利用しながら最も効

果的で効率的な着雪・落雪対策について検討していく予定である。

6. おわりに

着雪・落雪対策工法の選定にあたっては、個別の設置条件を整理の上、設置位置、経済性、地域性等について具体的な検討が必要である。例えば、豪雪地域では、道路案内標識を片持ち式のF型柱ではなく、路側式へ移行する方法も視野に入れ検討する必要があると考えられる。このことで道路の沿道景観性も向上することが期待できる²²⁾。

謝辞

本解説をまとめるにあたり、北陸地方整備局北陸技術事務所の田島功章専門調査員、富山県工業技術センターの水見清和博士、中日本高速道路株式会社の西谷直人課長、北海道立工業試験場の吉田光則科長の各位から着雪・落雪対策に関する助言と資料の提供をしていただいた。ここに記して感謝申し上げます。
(文責：松下 拓樹)

参考文献

- 1) 竹内政夫：道路標識への着雪とその防止、雪氷、40巻、pp.117-127、1978
- 2) 日本雪氷学会：雪と氷の事典、朝倉書店、2005
- 3) 水野悠紀子、若浜五郎：湿雪の付着強度、低温科学、Vol.A35、pp.133-145、1977
- 4) Sakamoto, Y.: Snow accretion on overhead wires, Philosophical Transactions of the Royal Society, No.358, pp.2941-2970, 2000
- 5) 前野紀一：氷の付着と摩擦、雪氷、68巻、pp.449-455、2006
- 6) Kizaka, K., R. Imazu and T. Tomabechi: Fundamental study on the control of snow accretion and snow cover on road related facilities, Proceedings of 11th International winter road congress, VI-180, 2002
- 7) 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
- 8) 吉田光則、吉田昌充、金野克美：着雪氷防止技術に関する研究(第3報)－滑雪と材料表面特性について－、北海道立工業試験場報告、No.299、pp.13-17、2000
- 9) 吉田光則、吉田昌充、金野克美、染谷宏、森脇元宏：着雪氷防止技術に関する研究(第4報)－滑雪塗料の開発とその評価について－、北海道立工業試験場報告、No.302、pp.87-91、2003
- 10) 根守克己、加治屋安彦、苫米地司：道路用無着雪材料・構造に関する調査研究、寒地技術論文・報告集、Vol.12、pp.353-357、1996
- 11) Fumoto, K., H. Yamagishi and F. Hara: Study on prevention of snow and ice accretion to road signs and other facilities, Proceedings of 11th International winter road congress, VI-205, 2002
- 12) 水見清和、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
- 13) 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
- 14) 池田浩康、岳本秀人、早坂保則：着氷雪防止材料の屋外実験結果について、寒地技術論文・報告集、Vol.17、pp.604-609、2001
- 15) 湯浅雅也、今津隆二、藤原真也、苫米地司：道路標識における着雪抑制に関する基礎研究、寒地技術論文・報告集、Vol.14、pp.30-34、1998
- 16) 高橋祐：門型標識柱の着雪対策工法「雪落し装置」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
- 17) 川本浩介、小川克昌、上村靖司：音響振動による着雪防止技術の開発、2006年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集、p.162、2006
- 18) 畦地吾一、西谷直人、村田鴨親：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
- 19) 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
- 20) 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巻、pp.457-466、2006
- 21) 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、第26号、pp.49-52、2007
- 22) 三好達夫、松田泰明、加治屋安彦：道路付属施設と沿道景観との関係について～「引き算による景観創出」の可能性～、第50回北海道開発局技術研究発表会、2007