

## 道路施設からの落雪危険防止について

### Anti-accident caused by falling snow from overhead facilities

竹内政夫（特定非営利活動法人雪氷ネットワーク）、佐々木勝男（北海道科学大学）

大廣智則（ネクスコエンジニアリング北海道）

Masao Takeuchi, Katsuo Sasaki, Tomonori Ohriro

#### 1. まえがき

道路情報板や標識等の頭上の道路施設から冠雪や着雪が落下し、通行車両や人身に損傷を与えることがある。道路管理者は危険な冠雪や着雪を人力除去しているが、高所作業に伴う交通規制が必要になるため、交通に与える影響は大きい。これまで冠雪・着雪の落雪害防止対策については、主として冠雪を融かすヒーティング工法や冠雪が発達し危険になる前に少量ずつ落下させるように、滑雪性の高い塗料および材料や落雪カバー等を使った落雪促進工法というべき対策が考えられてきた<sup>1),2)</sup>。しかし前者は経済性とツララの発生、後者は経時的性能低下のために雪下ろし作業が必要になるなどの問題があり、まだ実用的に満足のゆく工法にはなっていないように思われる。ここでは橋梁などで行われている雪庇や落雪防止のための格子フェンス<sup>3)</sup>を応用し、道路情報板の取り付け支柱に載る冠雪の落雪危険防止の実証実験と補足実験として野外模型実験を並行して行った。

#### 2. 落雪の危険防止のための必要条件

道路標識等頭上の施設に積もった冠雪の落下は、衝撃が大きい場合は通行車両や歩行者に損傷をあたえる危険が大きい。積もったばかりの新雪は密度 $0.1\text{g/cm}^3$ (90%が空気)程度であり、落雪の衝撃・危険は小さい。衝撃の大きい冠雪は長い日数の間に圧密や融解凍結を経て密度が大きくなった硬い雪氷の塊の場合である。また密度の小さい新雪でも、フロントガラスの直撃で視認障害になるような大きな塊は危険であろう。一方で密度も塊も小さい冠雪は落雪しても、衝撃が小さく被害をもたらすことはないと考えられる。このことから、危険防止の必要条件として以下の3点が挙げられる。

- ① 密度の大きな冠雪は落下させない。
- ② 冠雪を小さい密度に保つ。
- ③ 落雪の塊を小さくし、大きなツララを形成させない。

以上の三点をクリアするものとし、雪庇の形成を防ぐ格子フェンスが考えられた。

格子フェンスの3項目の効果を検証するために、実物を使った実証実験と冠雪の細部を格子フェンスの模型を使った野外模型実験によって観察した。

#### 3. 格子フェンスによる落雪対策実証実験

図1は冠雪から巻きだれた雪が道路情報板を覆い始めたものである。取り付けパイプの冠雪は情報板の左側直近では後ろに紐状に垂れ下がり、その左では冠雪が見えてる部分は手前に、見えない部分は後ろに傾いている。このようにパイプや狭い天板上の冠雪は基底と同程度以上に積もると一方に傾き、それにバランスするよう

に隣接する部分は反対方向へと交互に垂れる<sup>4)</sup>ことが多い。今回は後者の取り付けパイプに積もる冠雪の落雪対策を実証実験の主目的として、頂角 $30^\circ$ と $60^\circ$ の2種類のフェンスで冠雪状況や効果の違いを観察した。加えて頂角 $60^\circ$ については格子フェンスが支柱に直接接したのものと図2手前のように両裾を離れたものの2種類、計3種類の三角格子フェンスで行なった。それぞれ防雪対象となる直径20cmの支柱をカバーして図3のように設置し、道路巡回時に冠雪状況を写真観測した。写真観測では頂角による違いは見られず、またフェンスと支柱が接する部分は水が滞留しツララが成長しやすいと考えて行った実験であったが、いずれにも気になるようなツララは見られず違いは確認できなかった。



図1 道路情報板上の冠雪



図2 頂角 $60^\circ$ の格子フェンス

図4は最も冠雪量が多く観測された例である。図の左端は頂角 $60^\circ$ で裾が支柱に



図3 格子フェンス設置状況



図4 格子フェンスを覆う冠雪

接したもので、中央は頂角 $60^\circ$ 、右端は頂角 $30^\circ$ で支柱に接したもので他と比べてより高く上にハミ出している。図4のように冠雪が多くなると低い格子は雪に覆われてしまうので冠雪量が多いように見える。しかし実際は、格子が雪を被っているだけでフェンスと支柱との間は空洞で冠雪量はむしろ少ない。この冠雪は積もったばかりの90%以上が空気

密度が $0.1\text{g/cm}^3$ 以下でありそのままに保たれたままの小さい塊であれば、落雪しても危険は小さいと考えられる。供用中の道路での冠雪状態の詳しい観察や調査は難しいので、模型実験によって冠雪状況の変化、消雪過程や密度測定等を行った。

#### 4. 格子上の冠雪と落雪防止実験

格子フェンスは橋梁においては雪庇の張り出しや落雪防止のために設置されている<sup>4)</sup>。主に横方向への張り出し(雪庇)防止効果を利用したものであるが、ここでは図5のように水平に置いた格子に雪の塊(密度 $0.25\text{g/cm}^3$ )を載せて、鉛直下方向への落雪の有無やツララの発生などを観察した。観測では低温時には変化はな

かったが、気温上昇によって格子に接する雪が融けて、トコロテン状に格子を抜けてその先端には小さなツララも見られた。抜けた雪は先端から小片で剥離落下し、大きなツララにはならなかった。これは空隙が大きい雪はツララを大きくするのに必要な量の水を集めることや、大きなツララを支える強度に欠けるからと考えられる。



図 5 格子の落雪防止実験

尚、模型実験で使った格子は全て、メッシュ間隔 40mm、線の太さ（線径）4mm の塩化ビニール被覆の市販のものを使用した。

## 5. 格子フェンス上の冠雪は浮遊状態のため密度が小さく保たれる

### (1) 格子フェンス上の冠雪

格子フェンスに積もる冠雪を頂角 60°の模型によって観察した。小さい降雪粒子や雪片、吹雪粒子は格子をすり抜けて図 6 のように積もるが、付着しやすい大きな雪片は格子の上から積もり始め雪片・雪粒子の絡み合い、結合や焼結などによって隙間を埋めやがて格子全体を覆うように積もる。格子フェンスに積もった雪は、面積比で全体の一割程度の細かい格子で支えられる。冠雪を構成する雪粒子が 3 次元網目構造で結合しているためと考えられるが、冠雪の重さが格子の細かい線に集中することはなく、一枚の板や布のように面的に支えられている。そして低温下では時間を経ても冠雪が格子を抜けるのは見られなかったが、温度上昇によって格子に接する雪から融解が始まるとトコロテンのように格子の間を抜けるようになる。



図 6 格子を抜けて積もった冠雪

が、冠雪の重さが格子の細かい線に集中することはなく、一枚の板や布のように面的に支えられている。そして低温下では時間を経ても冠雪が格子を抜けるのは見られなかったが、温度上昇によって格子に接する雪から融解が始まるとトコロテンのように格子の間を抜けるようになる。

### (2) 冠雪の消滅-消滅過程-

格子フェンス上の冠雪は気温上昇とともに、融けたり格子間を抜けて少しずつ落下して消滅した。図 7 は冠雪が最大量(左図)に達してから消滅までの状況である。



図 7 冠雪最大時 (2/28 9:28)  
気温

23 時間経過 (3/1 8:16)  
-1~4°C  
- 83 -

31 時間後 (3/1 16:50)  
1~6°C

手前の冠雪で見にくいですが、格子フェンス上の冠雪と板の間は空洞である。気温が-1～4℃で推移した23時間後(図7.中央)には冠雪が格子を抜け出しているのが見える。冠雪の大きい空隙が格子との密着を妨げるため強く凍着することはなく、格子との結合力が弱いため振動や風で吹き飛ぶこともあり図7(右)のように消滅するのは速い。

### (3) 格子フェンス上の冠雪密度

面に積もる雪は融解凍結や重力によって圧密するが、格子に積もった雪は全体として浮遊状態に近く圧密は小さい。小さい密度で保水力が小さく大きなツララや氷



図8 格子上の冠雪密度測定

になり難い。しかし六華の結晶が焼結などを経て丸みを帯びるように、全体の体積が減少するため多少の密度増加はある。実験用の斜めのフェンスでの密度測定は難しく、水平でも大差ないと考え図8のように水平に置いた格子と板で比較測定した。冠雪が始まってから10日目の測定であるが、格子上では0.08～0.1g/m<sup>3</sup>、木板上では上下で幅があり、は0.09～0.19g/m<sup>3</sup>で底部では約90%増加した。

## 6. まとめ

道路情報板を載せる支柱パイプからの落雪危険防止のための、格子フェンスによる実証実験と補足のための模型実験を行った。その結果、格子フェンスは危険防止に必要な次の①密度の大きな冠雪は落下させない、②冠雪を小さい密度に保つ、という2点を確認できた。また本文では述べなかったが、③落雪を大きくしないためには、格子で仕切ると隣接する雪の結合力が小さくなり仕切りを越えて大きな塊にはならないことも観察した。即ち、格子フェンスの内側に積もった雪は①の落雪防止、外側に積もった冠雪は②の密度を新雪並みに保つ効果で、また必要であれば格子で仕切ることで③の落雪の大きさをコントロールすることができる。このように格子フェンスを工夫することにより衝撃の大きな落雪は防ぐ可能性は大きいことが示された。

## 7. 今後の課題

道路情報板や標識の冠雪は落雪だけでなく、道路情報板や標識類の視認を妨げる冠雪から発生する巻き垂れとその落雪防止を、今後の課題と考えている。

### 【引用文献】

- 1) 吉田光則 他 8名, 1993: 着氷雪防止技術に関する研究(1), 北海道の雪氷, **12**, 24-26.
- 2) 伊東敏幸 他 4名, 1994: 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関する研究 その1.表面性状と凍着性状について, 寒地技術論文・報告書, **10**, 489-492.
- 3) 竹内政夫, 岳本秀人, 植野英睦, 浅野豊, 2005: 橋梁の落雪防止のための格子フェンス, 第22回日本雪工学会全国大会論文報告集, 19-20.
- 4) 竹内政夫, 2005: 雪庇を防止する格子フェンス, 第21回寒地シンポジウム, 692-701.