

## 紐状冠雪の成長抑止実験

竹内政夫 (雪氷ネットワーク)

### 1. まえがき

橋梁や標識板などの構造物の頭上の着雪および冠雪や雪庇の落下事故防止のために、格子フェンスを提案し実験によって効果を確認してきた (竹内、等文献)。豊頃大橋のように実橋でも、落雪防止と冠雪や雪庇の成長防止のために格子フェンスが採用され効果をあげている (岳本論文)。斜張橋の斜材を想定した格子間隔が小さく細い金網状の三角形断面の格子フェンスを野外実験 (竹内、2006) した際に、密度の小さい冠雪が細い紐状になって落下することが観察された。氷板や密度の高い冠雪の落下は抑止しなければならないが、密度の小さい新雪の落下の危険は許容範囲とするのが格子フェンスの考え方でもある。そこで、冠雪を大きくしないために積極的に落下しやすい紐状冠雪にして落下を促進させることができないかを野外実験した。また、紐状冠雪の形成機構を知るために各種物体にできる紐状冠雪を目視および写真で観察した。

### 2. 紐状冠雪

冠雪が紐状になるのは、電線、手摺りや構造物の細く長い部材等身の回りに広く見られる現象である。例えば写真1は公園の防護棒の表面を滑って紐状になったもので、一部は落下してしまつた名残の紐状冠雪である。回転しながら成長しアイスキャンデーのように電線を芯にした筒雪になることもある電線着雪と同様の現象である。これらは潤滑液となる水分を含む雪にみられる現象でよく知られている例であるが、底面での回転や滑りのない紐状冠雪もある。写真2はその例であるが、10cm幅の長い板材の上でできたものである。写真1も写真2の例も、何故か一方に偏らずそれぞれ一定の波長で蛇行しているように見える。写真2の天板との接触した雪は融解して凍結した氷で強く凍着している。時間が経って雪の結合力



写真1 保護棒にできた紐状冠雪

も強くなった雪庇は大きく板をはみだしても千切れることもなくバランスしている。このように紐状冠雪が強く大きくならないように早期に落下させることが出来ないかを実験的に確認することがこの研究の目的でもある。



写真2 板材の上に来た  
紐状冠雪

天板の上に氷板が生じその上に積もった雪が時間経過とともに雪の結合力を増して大きくはみ出し垂れ下がった紐状雪庇になった。このように大きな雪庇は密度は小さいが落下すると危険になる。

### 3. 紐状冠雪の成長過程 —斜材—

斜材ケーブルの着雪防止実験で観察した紐状冠雪発生から成長の状況から紐状冠雪の成長過程について述べる。写真3.は直径 10.8 cm の塩ビパイプ上にのせた頂角  $30^\circ$  の三角断面の金網の上に載った雪が、左から約 15 時間経過して右の写真のようにバランスを崩しかけたものである。このようにクリープによって一方に傾き基部からはみだすのが紐状冠雪の誕生である。写真1や2のように傾きが一方向に偏することなく、何故か一方が傾くとそれを補うようにバランスして反対側に傾くことが多く、そのため紐状に見える。



写真3. 塩ビパイプ上の冠雪

冠雪の形は雪質に依存する安息角によって決まると考えられるが、冠雪の側面は鉛直に近く（安息角とすれば  $90^\circ$ ）に積もることが多い。そして時間経過（15 時間後）によって平衡を失って写真右のように一方に傾きはじめた。

写真3の右からさらに9時間経過したのが写真4である。特に最上部の金網の側面には断面が円形に近い紐状冠雪が張り付いている。この雪は、細かい金網で支えられているため、重力による圧密は無視できるほど小さいため、密度は時間が経っても新雪同様に小さい ( $0.09 \sim 0.13 \text{ g/cm}^3$ )。この紐状の雪は金網内部の雪粒子やフェンスとの結合力が小さいため、やがて格子フェンスから剥がれて落下する。落下しても空隙が大きく新雪同様に軽いため落下途中で千切れてばらばらに小さくなるので危険は小さいといえる。その下に繋がっている冠雪も紐状に成長しているが、まだ平べったい形となっている。この違いは雪庇状に張り出して紐状に発達する外側の冠雪とそれを支えるパイプ上の冠雪との間の抵抗（結合力）の違いによるものと考えられる。金網によって内部の雪とが隔てられて結合力が弱いため、金網の上での紐状冠雪への成長が早くなる。



写真4 斜材（塩ビパイプ）の側面にできた紐状冠雪

金網の上では金網内部の雪との繋がりが小さく剥がれやすくなる。このように剥がれやすい紐状冠雪にすれば大きく成長することはなくなる。小さいうちに落下させ紐状冠雪が大きくならないようにコントロールできれば、冠雪落下の危険を小さくすることが可能になる。

#### 4. 紐状冠雪の落下促進実験

斜材で見られたような紐状冠雪の落下による冠雪全体の成長抑止効果が、細長い水平な部材に応用できることを期待して紐状冠雪の落下促進実験を行った。写真5のように板材の上に、間隔  $40 \times 40$  mm、ビニール被覆した直径 3 mm の金属メッシュを三角帽子状のカバーにして、載せてその上に出来る冠雪を観測した。三角カバーは写真向かって左半分を頂角  $70^\circ$  左半分は  $60^\circ$  として頂角の違いによる紐状冠雪の出来方について比較できるようにした。

##### 4-1 結果

頂角  $70^\circ$  と  $60^\circ$  の三角カバーにして板材の上に出来る冠雪から雪庇が発生したが、さらに発達して紐状冠雪になって落下するのは観察できなかった。これは、一度に降る降雪量が少なく冠雪から雪庇が出来にくかったこともあるが、写真6のように三角カバーのメッシュに楔のように食い込んだ雪が大きな抵抗になったためと考えられる。前述の通りに



写真5 紐状冠雪落下促進実験状況

抵抗が大きくなると落下しやすい紐状冠雪にはなりにくい。紐状冠雪の前段階である雪庇を含む冠雪は、融解時に少しずつ剥がれるように落下しまた一部はメッシュに食い込むがやがて融解した。頂角  $70^\circ$  と  $60^\circ$  の違いは、写真6のように  $60^\circ$  の方がやや冠雪が小さく、また板と三角カバーの間の雪の量は少ない傾向はあるが顕著なものではなかった。



写真6 三角カバー、頂角左 70°、右 60°

#### 5. あとがき

紐状冠雪は冠雪から生ずる1種の雪庇であるが、細長い物体では良く見られる現象である。橋梁等の細長い部材からの落雪事故防止を想定し、紐状冠雪の落下を三角メッシュのカバーで促進し冠雪が大きく成長することを防止する野外模型実験を行った。メッシュの径が細いためか雪がメッシュに食い込み楔となって回転の抵抗になるため紐状になるのは観察できなかった。今後は、材料のサイズや形状から雪が食い込み難いメッシュ等による落下促進実験と、紐状冠雪の発生メカニズムと蛇行する性質についても解明したい。

#### 6. 参考文献

竹内政夫：雪庇を防止する格子フェンス、21回寒地シンポジウム、692-701

竹内政夫：格子フェンスによる斜材からの落雪防止—野外模型実験—、北海道の雪氷, 25号、28-31