

三角格子フェンスによる冠雪から成長する雪庇発生抑止と落雪防止

竹内政夫（雪氷ネットワーク）

1. はじめに

構造物部材からの落雪対策として提案してきた格子フェンスは（竹内，2005，千葉他，2006），冠雪から発生する雪庇と滑落を防止する．幾つかの橋梁で試験や施工され，橋門構などある程度広い部材では十分な効果が認められてきている．しかし，屋外変電所の鉄構，建築物のサロペットや塀など狭い構造物部材に積もった雪は，冠雪量が多くなるとバランスを崩して傾き大きく部材をはみ出す雪庇（竹内，2007）になる．狭い部材上の雪庇は部材の表面から剥離や滑落によって落下する．このような部材からの落雪は量が多く部材表面では密度が高く特に氷板になっていると危険である．狭い部材からの落雪防止のために部材を屋根型に覆う三角格子フェンスによる落雪防止実験を行った．

2. 構造物部材からの落雪

クリープで成長する，例えば写真1のような平屋根の雪庇は，部材からののはみ出しが小さく堅固で容易には破断しない．しかし，狭い部材上の冠雪が大きくなるとバランスを崩して傾き写真2のように大きく部材をはみ出す雪庇になる．雪庇は一方に偏ると偏荷重を大きくし底面からの剥離や滑落を促し危険である．



写真1 平屋根にクリープでできた雪庇



写真2 狭い部材（塀）上の雪庇

3. 雪庇の落下－剥離と滑落－

写真3のように，傾斜した部材からグライドしてできた雪庇は大きくはみ出した部分に偏荷重がかかり，氷板化した底面から破断や滑落して落雪するので非常に危険である．しかし，水平な部材ではクリープで水平方向に押し出されてできる雪庇ははみ出しが小さく破断する危険は少ない．クリープによって成長する雪庇の実験や観察では，雪庇が破断して落雪するのは観察されていない．雪庇は表面から小さい破片となって落下したか，或いは昇華・蒸発の熱の作用で小さくなって消えたようである．熱作用の大きい融雪期には雪庇表面から最中の皮のような小さなフレイク状の破片になって消耗したのが観察されている．このような，雪庇が表面から剥離した落雪は大きさや密度が小さく危険は小さい．



写真3 橋梁部材から破断した雪庇

ものである。部材をはみ出した雪による偏荷重のため、一方に傾き、融雪時には写真5のように底面から融解し滑落した。

3-1 狭いあるいは小さい部材からの落雪

狭い部材からの落雪は、底面（部材表面）から氷板化したあるいは密度の高い雪を含んだ雪庇（冠雪）全体が一塊になって落雪するため非常に危険である。底面からの一塊になって落雪させないことが重要と考えて、狭い部材にできる雪庇の落雪を観察した。

1) 融雪による滑落（高温時）

写真4は幅36cm長さ180cmの板材に積もった

冠雪からできた雪庇が一方にはみ出した



写真4 落雪前日の雪庇（36cm幅の板上）



写真5 滑り面を上にした落雪

2) 剥離による落雪（低温時）

写真6は幅24cm長さ180cmの部材上の冠雪からできた雪庇による偏荷重によって底面から剥離しめくり上がった雪庇（冠雪）である。写真奥の部分で格子フェンスによって雪の落下を抑えているが、それがなければこの雪全体が一塊となって落下していたであろう。



写真6 偏荷重による雪庇の剥離

このように落雪が危険なのは、部材上の雪全体が底面から、滑落あるいは剥離によって一塊になって落下する場合である。以上のことより、落雪事故対策としては、実際には難しい冠雪を防ぐことよりも、雪庇や冠雪を底面から落下させないことが基も重要であると考えている。

4. 三角格子フェンスの落雪事故防止効果

雪庇の部材をはみ出した部分は、圧密過程を経ないため密度が小さく（ $0.07 \sim 0.09\text{g/cm}^3$ ）、破断したとしても落下途中に

細かく碎けるため、事故になる危険は小さいと考えられる。重要なのは底面からの滑落・剥離をさせないことで、そのためには部材表面からの滑りや剥離を防ぐことのできる三角格子フェンス（以下、△フェンスとする）が有効と考えた。△フェンスにはフェンスに積もった雪が小片で剥離落下することによって雪庇・冠雪の成長を防ぐ機能も期待した。

4-1 実験方法

長さ 180cm, 幅 36cm, 24cm, 12cm の 3 つの部材に頂角がそれぞれ 80° , 60° , 50° の△フェンスのカバーを取り付けた。フェンスのメッシュは 4x4cm, メッシュの太さは 3mm で、頂角を少し変えて影響を見た。△フェンスカバー設置は部材長さ 180cm のうちの 110cm とし、残りはカバーのない部分として、フェンスの効果を比較できるようにした。実験状況を写真 7 に示す。



写真 7 三角格子フェンスの実験状況

1) 冠雪の成長と△格子フェンスの冠雪減少効果

実験で確認されたが（写真 7 から）△フェンスの冠雪減少効果は明らかである。フェンスの上に載った雪が写真 8 のような冠雪が風で吹き飛ぶのも観察された。

フェンス上の冠雪はフェンスの無い部分と比べて非常に早く消える。これはフェンスの内部は空洞になるため風は抜け、雪は内部からも融解される他に、フェンス上の冠雪は表面積の大きい分、融解、昇華が大きいためであろう。またフェンスの上は急傾斜のための降雪の捕捉が小さく、小片の剥離落下も促進され手いる可能性もある。



写真 8 フェンス上の冠雪

2) 頂角の影響によるフェンス上での剥離

頂角 50° の△フェンス上で写真 9 のように冠雪が剥離するのが観られた。

内側からの昇華や融解で格子メッシュとの結合力が小さくなったところに雪庇の偏荷重が働いて剥離したものである。このような冠雪の剥離は頂角 80° では全く観られず、 60° では小さな剥離は



写真 9 △フェンス上の冠雪の剥離

観られたが落下することなく消滅した。雪底部分の密度は高々150kg/m³であり、一塊にならず物体に落下したときのダメージは小さいと考えている。

5. まとめ

実験結果をまとめると以下の通りである。

- 1) 格子間隔の大きい△格子フェンスであるが降雪の何割かが載る
- 2) △フェンスに載った雪とフェンスとの繋がりは殆ど無く、新雪の段階では風で吹き払われることもある
- 3) 頂角50°の△格子フェンスに載った雪は剥離し落下するのが観られた
- 4) 頂角50°の△格子フェンスを除くと塊での落雪は観られなかった

狭く小さい部材底面からの一塊となつての滑落や剥離を防ぎ、冠雪量を減少させる△格子フェンスは落雪事故防止に有効であり、他の落雪防止に活用できる。

6. 文献

竹内政夫, 2005, 雪底を防止する格子フェンス, 21回寒地技術シンポジウム

千葉, 岳本, 植野, 竹内, 浅野, 2006, 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, No. 5

竹内政夫, 2007, 雪底について, 23回寒地シンポジウム