

格子フェンスによる斜材からの落雪防止－野外模型実験－

竹内 政夫 (㈱雪研スノーイーターズ)

1. はじめに

道路橋や鉄道橋の上弦材からの落雪による事故対策を検討し、格子フェンスによる落雪防止を提案し室内および野外の基礎的模型実験やローゼ橋の橋門構等で実橋実験を行ってきた。その結果、安全確実に落雪や雪庇を防ぐことが分かった。従来の工法に比べてメンテナンスフリーで経済的なこともあり、格子フェンスを用いた全面的な施工段階に入った橋梁もある。斜張橋の斜材からの落氷雪についても格子フェンスが実験され、可能性について評価されている(十勝大橋雪氷対策検討会、2005)。ここでは、斜材の落雪氷対策のためにより実用性の高い格子フェンスを開発したので紹介する。

2. 斜材からの落雪氷

写真1のような斜張橋斜材の冠雪や着雪が落下し事故を起こすことがある。そのため、

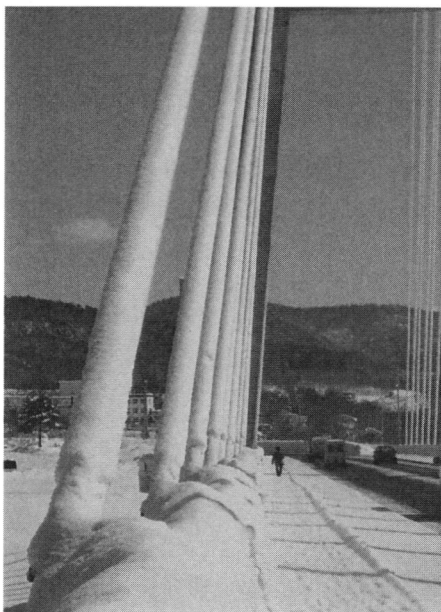


写真1 斜材を包み込んだ冠雪

事前に機械的(スクレーパー)に削り取ることが行われている橋梁もある。しかし、主塔との連結部分の斜材は径が太くなっているためスクレーパーが使えず、その部分の落雪氷対策が急務とされている。斜材全体もそうであるが、対策が必要とされている連結部分の落雪氷対策が斜材用格子フェンス開発のきっかけであった。

3. 斜材用格子フェンス

格子フェンスは滑り落ちようとする雪のグライド(滑り)は部材表面の滑りに対する抵抗物で止め、速度の小さいクリープは格子で抑えて格子間隔を抜けないようにしたものである。格子にかかるクリープの力は積雪の3次元構造によって3次元的に周辺に伝わる。このため、格子に接触する雪にかかる力が周囲の雪に伝わり雪が格子を

潜り抜けるのを防ぐ¹⁾。グライドのある場合、間隔120x120mmでは太さ13mmの格子、グライドを抑止した場合は間隔40x40mm、太さ3mmの格子など、雪が抜けない格子間隔と径は幾つか知られている²⁾。斜材の場合は部材としては小さいので、間隔が小さく径は細いほうが景観的にも目立ち難く、細工や取り扱いにも便利と考えられる。そのことから野外実験は、

写真2のように金網とメッシュ格子の2種類で行った。



写真2 実験状況、斜材の傾斜角は30° (1/9 21:05)

金網格子材料は内径2.6mmと3.3mmの網目が6角形で線の太さは単線部で1.6mm、単線2本の撚り線部で約2mm、である。また、メッシュ格子の太さは直径3mmで格子間隔は40x40mmである。いずれも、一般に市販されている製品から選んだ。フェンスの上に積もる雪とフェンスの網目を通過して斜材に積もる雪の二つに分かれる。

イ. フェンスに積もる雪

フェンス上の雪は写真3のように側面は鉛直に近く積もるが、ある高さ以上になると平衡を失って一方に傾き写真2のフェンスの側面に見られるような長い紐状の雪になる。

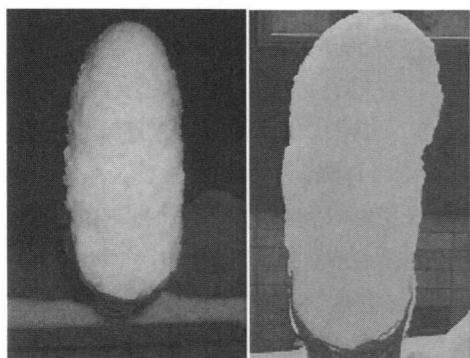


写真3 フェンス（金網）上の冠雪
18時間後バランスを失い一方に傾き紐状になり落下（左、1/8、右、1/9 10:21）

紐状の雪は、金網で空中に支えられている状態のため、積雪変態の圧雪過程が無視できるほど小さく密度は時間が経っても新雪の様に小さい(0.09~0.13 g/cm³)。この紐状の雪は空隙が大きく雪粒子やフェンスとの結合力が小さいため、簡単にフェンス表面から千切れて落下する。新雪同様に軽く落下途中で小さくばらばらになるので危険は小さい。冠雪を小さくするためには少しずつ落下させたほうがよい。

ロ. フェンス内部の雪

フェンスの中の斜材に積もった雪は長時間積もっている場合に底面で氷化や圧密することがある。落下して危険なのはこのような雪氷が底面から塊となって滑落することである。実験ではフェンス内部の雪が滑落しないようにフェンスで抑えた。実験中はフェンス内に積もる雪は少ないこともあって、長時間積もった状態にはならず融解等によって消雪するサイクルを繰り返した。雪質によってはフェンス内部の雪が一杯になってから格子の外に積もり内部と外の雪が繋がり、冠雪は大きく強くなることは考えられる。しかし、冠雪が

できるような大雪時には、大きな雪片になって降ることが多いので、最初からフェンス上に雪が積もる。内部だけに積もってフェンス上に積もらないというような観測事例はなかった。フェンス内部と外の雪が繋がった場合でも内部の雪が沈降するときにフェンスから離れるので繋がりはやがて切れ、外側の雪は大きくなりませんで落下する。

4. 格子フェンス頂角の影響

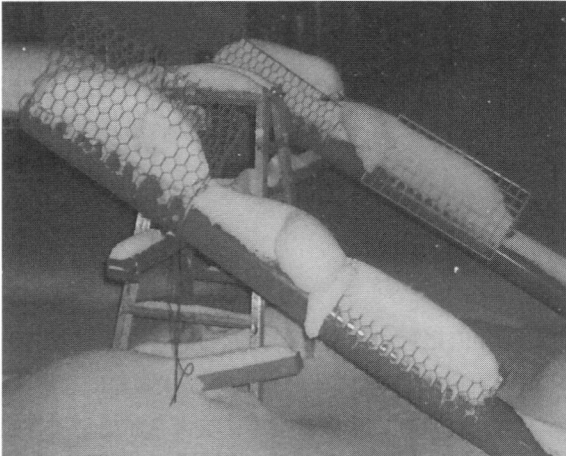


写真4 頂角の違いによる冠雪の違い(1/19 19:56)
手前左上頂角 30°、右下 50°、後ろ上オープン、
右下 30° のメッシュ

斜材用の格子フェンスの頂角の影響を見るために、頂角 30°、50° および上部をオープンにした 3 種類の格子フェンスで実験した。

上部を開けた格子フェンスの上の冠雪は写真 4、5 のように最も大きく成長する。頂角 30° と 50° との違いは十分に明確になったとはいえないが、頂角が大きいとフェンスの外側に積もりやすく、小さいと内部に積もりやすい傾向がある。これは頂

角が大きいと内部の容量が小さいため早く雪で埋まり、その雪の上に、積もるためと思われる。頂角が大きいとフェンスの高さが

低いとバランスを失いやすい。また、落下に対する抵抗も小さいので積もった雪は頂角が小さいものより落下しやすい。ある程度フェンス内部の容量があっても、外側に積もった雪と内部の雪との間の結合は弱いので、フェンス上の雪は落下し、残った内部の雪はやがて消えることが分かった。このことから、実験では頂角 30° よりも 50° が合っていると考えられた。最適な頂角については気象や斜材の形の太さによっても異なると考えられる。

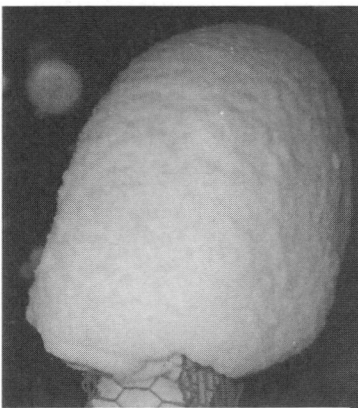


写真5 上部オープンの大き
くなった冠雪

5. まとめ

斜張橋の斜材を対象とした格子フェンスの野外模型実験を行った。従来は上部をオープンにした格子フェンスであったが、上部を閉じて 2 種類の頂角、素材で実験を行った。橋

梁上の冠雪・着雪の中には、落下して危険な氷板や密度の高い圧雪状態のものと新雪や部材から張り出して雪底状態になっているが密度が小さい雪もある。斜材用の格子フェンスの野外模型実験では、フェンスに載った密度の小さい雪はバランスを崩して傾き紐状になり落下した。フェンス内に閉じこめられた雪は危険な状態になる前に融けて消えるというサイクルを繰り返した。実験の結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 格子フェンスを施した斜材では、フェンスの上と内部（斜材）とに分かれて積もる。内部の雪は沈降しフェンスを境に分離するので外側と内部の雪との繋がりは弱い。
- 2) フェンス上に積もる雪が大きくなるとバランスを失い一方に偏る。その際に細長い紐状の雪になりやがてフェンスから千切れて落下する。フェンスと雪との結合は接触面積が小さいので小さい。
- 3) 格子フェンス上の雪は重力による圧密過程を経ないので密度が大きくなる。
- 4) フェンス内部の雪は量が少なく、落下せずに融解・消雪するサイクルを繰り返す。
- 5) 頂角の大きさは、 30° と 50° の実験では内部に残る雪が少ない点から 50° が良かった。オープンにすれば冠雪が大きくなり過ぎる。

6. あとがき

軽く安全な雪を少量ずつ落下させるのは超撥水性材料やチタン板等を用いた落雪カバー（落雪促進）工法の狙いである。しかし、カバー素材の表面から円滑に滑落するには水分の介在が必要である。このため気象条件によっては落下前に凍結し氷化した塊となって落下する恐れがある。斜材用格子フェンスの場合は格子から剥がれて落下するので、落下する雪は常に新雪に近い軽い雪である。格子フェンスの内部の雪も量が小さいので消失しやすい。最適な格子の太さや間隔、頂角等を実橋において検証試験をする必要はあるが、格子フェンスは安全確実、メンテナンスフリーで経済的な対策工法となる可能性が大きいといえる。

7. 文献

- 1) 竹内政夫：雪庇を防止する格子フェンス、21 回寒地技術シンポジウム、692-696
- 2) 布施浩司、岳本秀人、安倍隆二：上弦材のある橋梁の着雪・冠雪対策について、開土研月報、609, 2004