

冠雪と格子フェンス

竹内 政夫 (雪研スノーイーターズ)

1. はじめに

ローゼやトラス橋の上弦材に積もった冠雪から成長した雪庇や冠雪自体が落下して、車両や歩行者に損傷を与える事故が増えている。その対策として、格子フェンスを提案してきている。格子フェンスは橋梁等にできる冠雪を落下しないようにするという考えから開発され、実橋でも効果が確認されている。格子間隔や太さによってはグライドの大きい橋梁の傾斜した部材からの雪が格子をすり抜けることを防止できることなどがわかった。雪のすり抜け防止はすなわち雪庇防止にもなる。このことから、冠雪の落雪と雪庇防止を目的とした、橋梁の美観を損なわず経済的な、格子フェンスの設計のための基礎実験として、冠雪の実験観測を行った。

2. 実験目的

冠雪の落雪防止や雪庇の成長抑止機構を知ること、および冠雪のグライドによる格子フェンスからのすり抜け対策のために、以下のことについて観測した。

- 1) 格子フェンスの落雪防止機構：冠雪の成長から落雪までを記録し落雪および格子フェンスによる落雪防止機構を明らかにした。
 - 2) 雪庇成長抑止効果：美観等を考慮してできるだけ小さい高さ、間隔、太さのフェンスで格子フェンスのクリープ抑止効果を確認した。
 - 3) グライドの有無によるすり抜けの違い：傾斜部材の雪のすり抜け防止のために、グライドを防止したものとグライドのある傾斜板ですり抜け状況を比較観測した。
- その他：ツララの形成状況やクリープによる格子すり抜けに注目した。

3. 実験方法

冠雪を載せる実験台として、40x40cm の二つの水平台と 30℃に傾けた傾斜台を用いた。水平台は一方を格子フェンスで囲み、フェンスのない台との冠雪状況を比較観測した。傾斜台は下端にフェンスを取り付けた。実験に使った格子フェンスは出来るだけ厳しい条件を与えることにして、格子間隔は 4x4cm、格子の太さは 0.2cm のステンレス製(台所用品)、フェンスの高さは 15cm とした。野外観測は札幌で、期間は平成 16 年 12 月 30 日～4 月 3 日、開始時の積雪は 58cm であった。2004～2005 年の札幌は多雪で落雪するまでの 1 月間で新たに約 1m 積雪が増加した。

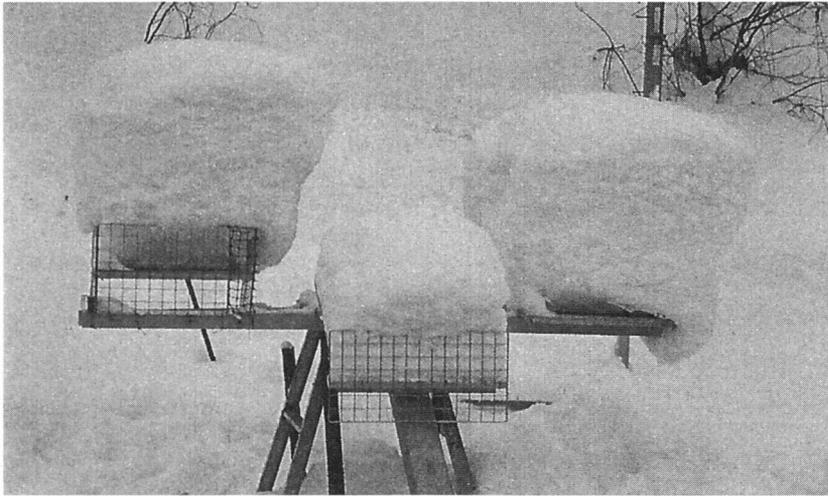


写真1 実験状況

左右の水平台と中央の傾斜台。傾斜台は1月22日に付け加えた。上は1月24日の状況で、積雪深は137cmで実験開始してから80cm以上増加した。

冠雪の観測は目視と写真によったが、降積雪については雪尺と雪板で積雪深と新積雪深を測定した。また、雪庇の密度と落下した直後（1月30日）に冠雪の密度分布を測定した。

4. 冠雪から成長する雪庇を防ぐ格子フェンス

橋梁に限らず構造物上の冠雪が重力によるクリープで潰れる時に水平方向に張り出して雪庇になる。写真2は両側のアーチリブを結ぶ橋門構と呼ばれる部

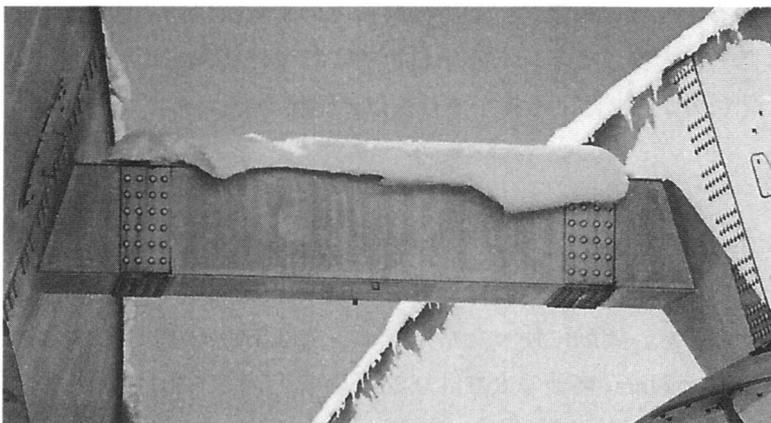


写真2. 冠雪と冠雪からの雪庇、右の雪庇部分を残し落雪した破断面が見られる

分に出来た冠雪である。冠雪からはみ出した雪庇が橋門構に被さっているが、中央部から左側にかけて雪庇の一部が落下している。このはみ出た部分の雪は底が氷や密度の高い雪

になるケースが多く大きな塊になりやすい。破断面から判断すると、恐らく一度ではないにしても大きな塊となって落下したように考えられる。高い所からこのような大きな雪氷塊が落下すると危険は大きい。そのため橋梁では高所作業車を使って人力で除雪することが行われている。

写真3はフェンスの有無による冠雪の違いをみたものである。降雪時の風向によって雪庇の成長が異なるが、フェンスを超えて積もった雪は雪庇に成長することやフェンスで囲まれている基部は後退して縮んでいるのがわかる。これは熱的な影響もあるが、雪がクリープによってフェンスを抜けることがなく、雪庇ができることも無いことを示している。写真の右に垂れ下がった雪庇は日射を受けてフレイク状に薄く剥がれ落ち、1週間後には写真2のように小さくなった。

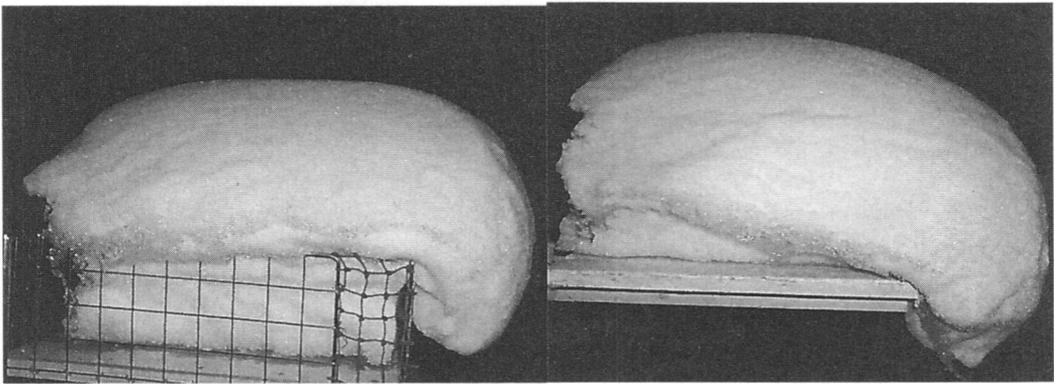


写真3. フェンスの有無による冠雪と雪庇の違い (1/17)

雪庇状に溢れた雪は表面が日射を受けてフレイク状に薄く剥がれ落ちて小さくなった。2mmの細かい格子でも雪のクリープを止められることが分かった。

一本の細い鉄線だけでは回り込むクリープを防ぐことは出来なくても、面的な格子になると三次元の網目構造で繋がっている積雪のクリープを抑える効果が発生する。格子フェンスはこの性質を利用したものである。即ち適当な格子間隔、格子の太さであれば網目構造で繋がっている雪は、液体や砂のような粉粒体のように、格子の間を抜けることはない。橋梁で考えられる最も細く小さな格子でも雪庇の成長を防ぐこと等が分かった。

5. 冠雪と雪庇の密度

格子フェンスで囲まれていない冠雪は、強風雨によって1月29日、夜から30日早朝の間に落下した。冠雪の密度は薄い氷板が混じった底部で最も高く0.25g/m³、雪庇部を除いた冠雪全体の密度は平均して0.22~0.23 g/m³であった。格子フェンスで測定した雪庇部の密度は1月22日の測定で、先端部の0.11から最大で0.17 g/m³であった。フェンスが無い場合の雪庇の底は、実験台から繋がる融解等による氷板や密度の高い雪となっている。橋梁の場合の雪庇の落下が危険なのはこのためであろう。フェンスで囲まれた冠雪からでき

る雪底は空中に浮いた状態になっているため、時間の経過にもかかわらず密度が 0.1 台と小さい。小さい塊で落下するかまたは落下途中でバラバラに小さくなるので危険は小さいと考えられるが、実験では塊にはならず日射の影響で薄い表面だけが融解・凍結してフレイク状の氷になって落下して消えた。

6. 格子フェンスからの雪のすり抜け (グライドの大きな傾斜板)

勾配 30° にした傾斜板からは、グライドが大きいので、写真4のように冠雪が格子フェンスを抜けている。グライドを防ぐことによってすり抜けは簡単に防止できた。

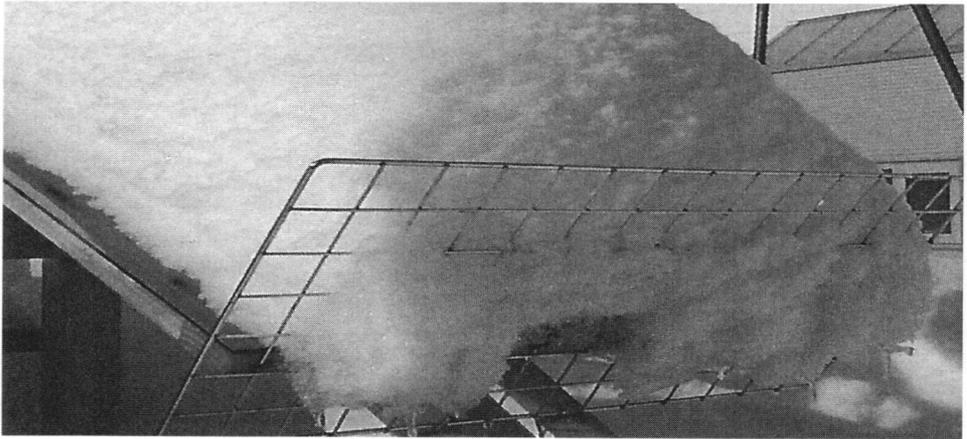


写真4. 格子フェンスからの雪のすり抜け (傾斜板 30°)

グライドが大きい傾斜板からは雪がすり抜ける、グライドも雪のすり抜けも雪止めで簡単に防止できる

7. おわりに

直径 2mm の鉄線は細いのでクリープに対する影響範囲は小さいと考えたが、面的な格子になると意外にクリープ抑制に効くことがわかった。これは雪の内部が三次元の網目構造になっているからではある。この雪の性質を利用した格子フェンスは橋梁でも効果が実証されているが、細い格子でも傾斜した部材でもグライドを防ぐことによって利用できることがわかり、設計の自由度を高めることが出来た。また、格子フェンスを越えてはみ出した雪底部分の密度は小さく雪粒子同士の結合力も小さいが、フェンスがなければ底部の密度が大きくなるので落下すると危険なこともわかった。雪は水をよく吸うので水平板の場合は融雪水が縁まで流れないので危険なツララの発生は見られなかった。傾斜板の場合は水切りが必要であろう。冠雪は強風雨時に全体が一塊になって落下したが、高さ 15cm の低いフェンスでも落雪を防止する。また、重要なことは密度の高い冠雪のコア部分を落下させないことであることもわかった。