

雪崩予防柵にできる雪庇と柵高

竹内政夫（雪氷ネットワーク）、小林昭彦（稚内開発建設部）

1. はじめに

雪崩柵の頂部で巻き垂れる雪庇が崩落し道路に達することがある。様々な雪庇を観察し、雪庇は強固で簡単に破断・崩落しない報告（竹内, 2008）もあるが、通過車両を事故に巻き込む危険があるとして除去作業が行われている。雪庇が出来るのは積雪深に比べて柵高が低すぎるという考えから補助工（島貫他, 2005）も含めて柵高の嵩上げが試験的されている。反面、積雪深より低い雪崩柵には雪庇は観られない（竹内ほか, 2006）。雪崩柵の柵高を議論するためには、雪庇が出来るのは柵高が高いからか低いからかを明らかにする必要もある。柵高の大小は経済性や特に景観に大きく影響するが、雪崩柵にできる雪庇の調査・研究例は非常に少ない。雪崩柵の雪庇を柵高と積雪深の関係に着目して調査した。

2. 雪崩柵の雪庇二つの形

雪崩柵の雪庇にはおおよそ二つの形（写真1と写真2）が観られる。写真1のように柵を乗り越えた雪庇と、写真2のように柵頂部から大きく巻き垂れているものである。前者は雪が同じ深さで横方向に連なった形になり、後者は柵毎に孤立して雪は垂れており柵間の雪は明らかに柵より低い。写真3は意識的に雪に埋もれる高さに設置した全層雪崩対策専用の雪崩柵であるが、柵高が積雪深より小さく雪に埋まるようになると写真3のように雪庇はできない。このように、雪崩柵に雪庇ができるか否か、や雪庇の形は柵高と積雪深が関係していることが分かる。



写真1 積雪深と雪崩柵の差が小さい



写真2 柵が積雪深より著しく大きい



写真3 雪に埋もれる前の雪崩柵



写真4 雪に埋まった雪崩柵

3. 雪庇の種類と成因

同じ切土斜面(斜面勾配 $4\sim 5^\circ$)に設置された2段の雪崩柵(上段下段ともに柵高2m)にできた雪庇の形状が、写真5(平成8年2月27日に撮影)のように上段と下段とで明らかに異なるものが観られた。下段は写真1のように柵間の雪に隙間が観られず雪庇は一連に繋がっているのに比べ、上段は柵間に隙間があり明らかに柵より積雪深は小さく雪庇は孤立しており、写真2と同類の雪庇であることが分かる。雪の上の横張り部材の本数が上段の方が1本多く見えることから、初めは上段の柵は下段より高いのではないかと考えられた。写真6のように3月4日には上段向かって右端の雪庇の崩落が観察され、3月28日までは上段の雪庇全てが崩落した。



写真5 上段と下段で異なる形状の雪庇



写真6 上段の柵からの雪庇崩落

3月24日には柵を横断して上下に法面の積雪深分布を測定するとともに、柵背面の積雪を写真観察した。その結果、上段の雪は柵と背面の雪との間に空間があり、下段の雪が柵を押しつけて柵間でははみ出していることなどが観察された。即ち、下段の雪庇はクリープによってできているが、上段の雪は柵の頂部に雪が積もった冠雪であることを示していた。

3-1 積雪のクリープによってできる雪庇

雪庇には幾つかの種類があるが（竹内，2007a），雪崩柵にできる雪庇の主たる成因は，重力の作用で雪が斜面に沿ってゆっくりと移動するクリープであることは一般的に知られている．風の条件によっては稜線風下にできる雪庇のように着雪が成因にプラスされるものもあり，冠雪も雪の供給源となって成長を助けている．写真7は，雪庇断面の層構造であるが，積雪層が雪崩柵の背面に繋がっており，クリープした雪が柵で塞き止められ柵上部にオーバーフローしたことを示している．また，クリープの流れは柵間を抜けて狭い柵の横張り部材であるパイプを抜けていないことなども観察された．このようなクリープによってできる雪庇は写真1のタイプの雪庇である．写真8のように雪庇（ポール位置）は背面の積雪と一体となり繋がっている．このような，クリープによってできる雪庇は柵の背面の雪と固く結ばれているため，平屋根上の雪庇で観られるようにグライド（滑り）のない限り大きく柵をはみ出すことは無いと考えられる（竹内，2008）．



写真7 雪庇の断面構造

3-2 冠雪

写真2や写真5上段の雪は柵頂部に積もった雪（冠雪）によってできたもので，雪庇というより冠雪と呼んだ方が適切であり，以下では冠雪と呼ぶことにする．特徴はクリープによるものと異なり，横方向の雪や柵背面に空隙が観られるように背面の雪との繋がりがなく孤立して落下しやすいことである．雪崩柵頂部の横張り部材のように狭く長い物体にできる冠雪は，重力の影響でクリープし部材からはみ出し雪を受ける面積を増し，その上に冠雪を繰り返し雪庇のように大きく成長する（竹内，2007b）．この雪は冠雪であることから柵を高くしても防ぐことはできない．



写真8 下段の柵背面の積雪



写真9 上段背面の積雪

4. 積雪分布から観た斜面積雪のクリープと雪崩柵の影響

雪崩柵は斜面に沿ってゆっくりと移動する積雪のクリープを抑える。間隔の狭い柵の横張り部材の間は雪は抜けないが、柵と柵の間は写真10のように雪がはみ出している。



写真10 クリープによって柵と柵の間をはみ出した雪

図1は積雪深分布図であるが、下段柵の周りの雪は上段柵より深い。これは降雪量の差は少ないので、上段柵によって積雪が切られるためにクリープを抑える雪の引っ張り力が働かなくなり積雪全体が柵に寄せられて柵高との差が小さくなり、上段では積雪に切れ目が無いため、積雪の引っ張り力が働きクリープを抑えていたと考えられる。

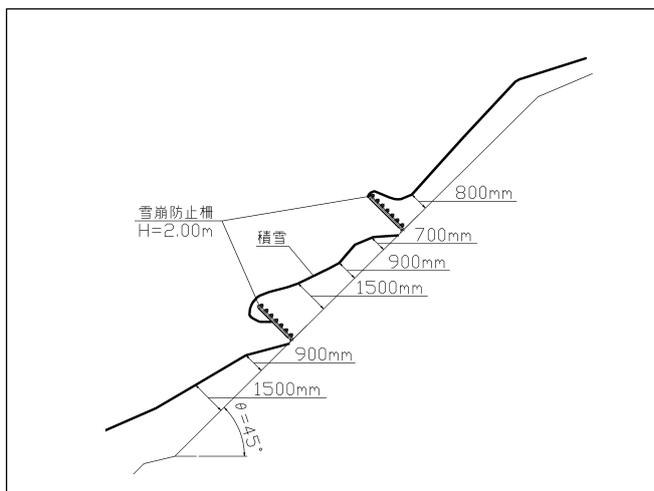


図1 斜面積雪分布

5. まとめ

雪崩柵の頂部にはクリープによってできる雪庇と冠雪とがある。雪庇は柵の周りの積雪深が柵高と同程度、冠雪は柵高が冠雪より明らかに高いとできる。斜面の柵は積雪を切ることによってその下のクリープを助長させている。冠雪は転落するが雪庇は強く破断崩落し難い。雪庇対策には柵高を嵩上げするより低い柵が良く、雪崩対策には雪の引っ張り力を活用すべきであろう。

文献

島貫浩ほか, 2005, 雪崩予防柵の補高対策について, 雪氷学会全国大会講演予稿集, A3-8
竹内ほか, 2006, 積雪の支持力を生かした低柵高全層雪崩予防柵, 北海道の雪氷 25号,
竹内政夫, 2007a, 雪庇について, 23回寒地シンポジウム, 421-424
竹内政夫, 2007b, 紐状冠雪の成長抑止実験, 北海道の雪氷 26号
竹内政夫, 2008, 三角格子フェンスによる冠雪から成長する雪庇の発生抑止と落雪防止, 2008年度雪氷学会北海道支部研究発表会