

新しい雪崩予防柵の提案

～雪崩予防柵が抱える課題とその対応策について～

金田安弘（北海道開発技術センター）、竹内政夫（NP0 法人雪氷ネットワーク）

1. はじめに

雪崩対策施設は、発生を未然に防止するための予防施設と、発生した雪崩から道路や集落などを防護する防護施設に大別される。雪崩予防柵（本稿では吊柵も含んで雪崩予防柵と呼ぶ）は全層雪崩および表層雪崩の両方を未然に防ぐ工法として、雪崩予防工の中で最も確実な方法であり、対象面積の大小にかかわらず採用できるため、現在最も広範に用いられている工法である。しかし、雪崩予防柵にはいくつかの問題点が報告されており、これらの問題点は抜本的な改善までには至っていないのが実状である。

2. 雪崩予防柵が抱える問題点と対応の現状

雪崩予防柵の抱える問題点を表1にまとめた。「乾雪表層雪崩のすり抜け」は、近年、道路雪崩の現場でその発生が報告されている雪崩である(図1)。短時間に多量の新雪が降った場合（新積雪深約50cm程度が発生の1つの目安である）に発生する。

現在、鋼製メッシュパネルやネットを柵に張り、雪崩のすり抜けを防止する試験が行われている(写真1、(1)参照)。こうしたメッシュを柵に張ることで、雪崩のすり抜けは防止できる可能性が高い。ただ、網目の細かいメッシュは、小規模なスラフ（点発生表層雪崩）を全て捕捉してしまうため、短時間で柵上部に雪がたまり柵の堆雪容量を超えてしまう。これは、雪崩予防柵が本来持ち得る表層雪崩防止能力の低下につながるものである。また、メッシュを張ることで柵の上下の斜面積雪のつながりがなくなり、積雪の支持力が低下することも、メッシュを柵に張ることのマイナス効果と言える(図2)。

表1 雪崩予防柵の問題点

雪崩予防柵の問題点	内 容	原因及び対応策等
乾雪表層雪崩のすり抜け	短時間に多量の新雪が降った場合には、発生した乾雪表層雪崩が柵のすき間をすり抜けて流下する場合がある。	メッシュ（金網）を柵に張る試みが試験的に行われているが、抜本的な対応策にまでは至っていない。
最下段の柵の下部から発生する全層雪崩	柵高が必要以上に高いため、柵の上下の積雪が分断されることで支持力が失われ、柵の下部が新たな雪崩発生源となり、全層雪崩として滑り落ちる場合がある。	柵下部の積雪が滑り落ちる危険が高まった際には、人力や重機により柵下部の雪を除去している。
雪崩予防柵上部に形成される巻き垂れ ^{＊)}	雪崩柵に形成された巻き垂れが崩れ落ちることがある。巻き垂れが崩壊に至るか否かは、巻き垂れの成因にも因るが、道路維持管理の現場では巻き垂れの除去が管理の負担になっている。	雪崩予防柵が必要以上に高いことが、巻き垂れの発達を促している可能性がある。

＊) 柵上部に形成される雪の塊を、本稿では総称して巻きだれと呼ぶ。雪の塊はその形状から雪庇と呼ばれることもある。巻きだれは元々、傾斜屋根に積もった雪が軒先から垂れ下がる現象で、風下側先端にできる巻き垂れ状の雪庇とは成因が異なる¹⁾。柵上部に形成される雪の塊の成因は1つではないが、成因別に名称が整理されていないのが実状である。

2つ目の雪崩
予防柵の問題
点は「最下段の
柵の下部から
発生する全層
雪崩」である
(図 1)。これ
は、柵の上下の
積雪が分断さ
れることで雪
の支持力が失
われ、柵の下部
が新たな雪崩
発生源となり
全層雪崩を誘
発する問題で

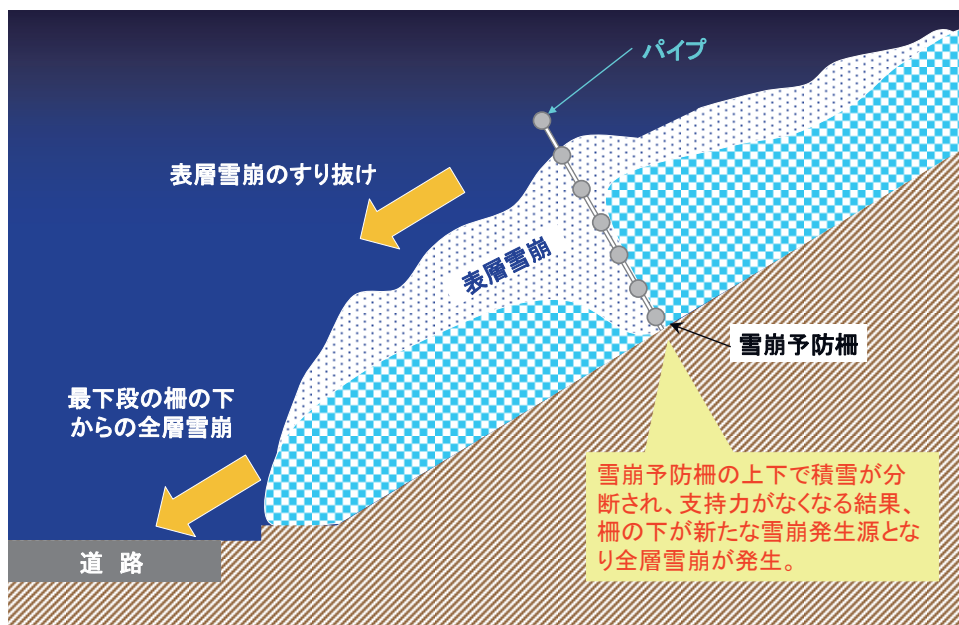


図 1 雪崩予防柵が抱える問題点のイメージ

ある。柵高が積雪深より大きいことが、積雪を分断する原因となっていることから、柵の設置によって雪崩が誘発されたという見方もできる。滑り落ちる雪の斜面長は比較的小さいため大規模な雪崩には至ることは少ないが、崩れた雪が道路にまではみ出すケースもある(写真 1, (2)参照)。このため、雪崩発生の危険がある場合には、斜面の雪を除去する作業が行われている。

3つ目の問題点は、「雪崩予防柵上部に形成される巻き垂れ(雪庇と呼ばれる場合もある)」である。巻き垂れの成因にはいくつかあるが、発達した巻きだれが崩れ落ちることがある。冠雪として巻き垂れが大きく発達するのは、柵高が積雪深に対して必要以上に高いのも一因と考えられる²⁾。前述した柵による積雪の分断と合わせて、柵高が無意味に高いことによる弊害とも言える。

冬期道路維持管理の現場では、巻き垂れがある程度以上に大きくなると、人力や重機を用いて除去するケースが多く、先に述べた最下段の柵下部の斜面上の雪の除去と同様に、現場の負担となっている。

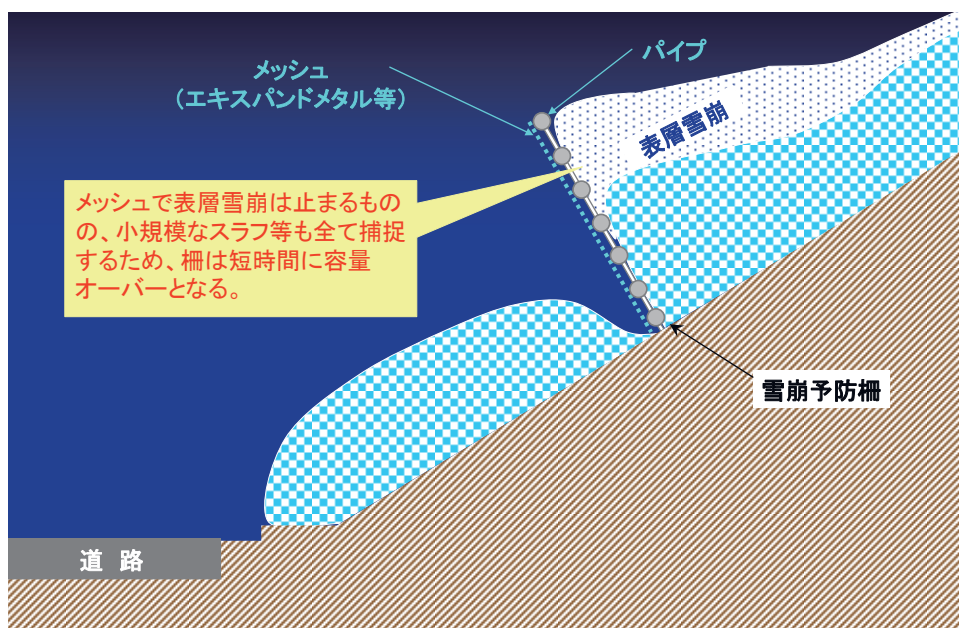
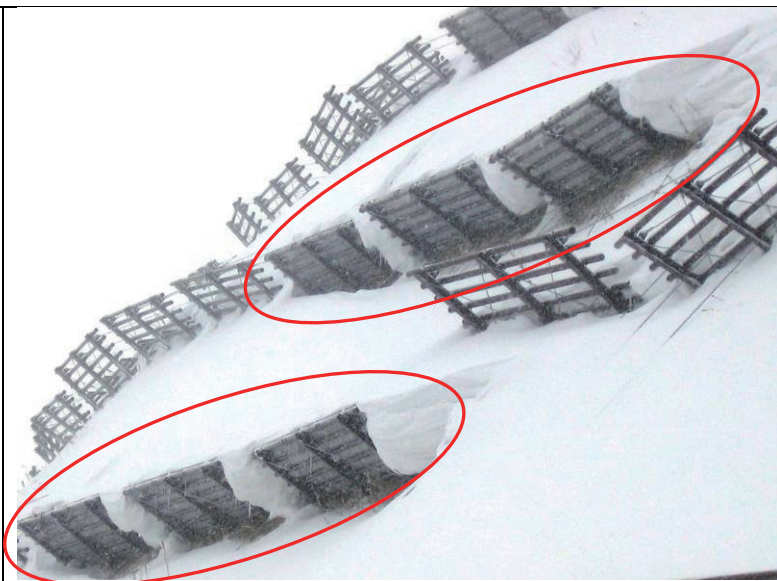


図 2 雪崩のすり抜け対策としてのメッシュの弊害イメージ

(1) 乾雪表層雪崩のすり抜け防止用に張られた金網

雪崩のすり抜けを防止するために、メッシュ（金網等）を柵に張る試験が行われている（左の写真の円内の柵には鋼製メッシュパネルが張られている）。雪崩のすり抜けは防止できる一方、小規模なスラフも捕捉してしまうため、短時間に柵上部に雪がたまり堆雪容量を超える。柵の下部は地面が露出しており、上下の雪は分断されている。積雪の支持力が低下するため、表層雪崩防止工としての能力は低下してしまう。



(2) 最下段の柵の下から発生した全層雪崩

柵が積雪深より高い場合、上下の積雪が分断され支持力がなくなり、柵下部が新たな雪崩の発生源となる。柵下部の積雪がある程度まで増えると自重を支えきれなくなり、全層雪崩として崩れ落ちる。雪崩予防柵自体が誘発した雪崩とも言える。



(3) 柵に形成された巻き垂れ

柵上部に巻き垂れ（雪庇や冠雪と呼ばれる場合もある）が形成される場合がある。巻き垂れの成因にはいくつかあるが、発達した巻き垂れが崩れ落ちることもある（左の写真の円内）。巻き垂れが大きく発達するのは、柵高が積雪深に対して必要以上に高いことも一因と考えられる。



写真1 雪崩予防柵の問題点を示す状況写真（上段：雪崩のすり抜け防止用に張られた金網，中段：最下段の柵の下から発生した全層雪崩，下段：柵に形成された巻き垂れ）

3. 雪崩予防柵の改善提案

新しい雪崩予防柵を提案するに際して、改良ポイントを表 2 にまとめた。雪崩のすり抜け防止に対しては、小規模なスラフは下に逃がしつつ、規模の大きい表層雪崩を止める工夫が必要である。全層雪崩の防止するためにはグライドを止めればよいので、数十 cm の柵高があれば十分、雪崩の発生を防ぐことができる³⁾。この最下層の板の上に、40～50cm 程度の空間を設けることで柵の上下の雪につながりを持たせ、最下段の下からの全層雪崩の発生を防ぐ。

また、不必要に高い柵高は、冠雪を発達させる等の弊害だけではなく、景観面、コスト面でもマイナスである。設計積雪深を柵高の上限値とし、これより 50cm 程度低い柵高が妥当と考えられる。これは、新積雪深が約 50cm を超えると表層雪崩の危険が高まることによる。以上の改良型雪崩予防柵のイメージ及び構造を図 3、図 4 に示す。

表 2 雪崩予防柵の改良ポイント

問題点	改良ポイント
表層雪崩のすり抜け防止	現在、北海道で広く使われているパイプではなく、より抵抗の大きい板を使用する。短時間で柵が埋まらないよう、板の間には適当な空間を設け、小規模なスラフは柵の下に逃がす。
最下段の柵の下から発生する全層雪崩	できるだけ低い柵でグライドを防止し、柵で斜面の積雪を分断させないことで、柵の下が新たな全層雪崩の発生源にならないようにする。
柵に形成される巻き垂れ	冠雪として形成された巻き垂れが大きく発達しないよう、必要以上に柵高を高くしない。

4. おわりに

本稿では古い歴史を持つ雪崩予防柵の問題点を整理し、その対応策として新しい雪崩予防柵の提案を行った。今後、現地実験で改善効果を検証しつつ、実用化を進めていきたい。

参考文献

- 1) 日本雪氷学会編, 1990 : 雪氷辞典, 196pp.
- 2) 竹内政夫・小林昭彦, 2008 : 雪崩予防柵にできる雪底と柵高. 北海道の雪氷, 第 27 号.
- 3) 竹内政夫, 2006 : 柵高の低い雪崩予防柵の全層雪崩防止機能, 一積雪の支持力ー, 日本雪氷学会全国大会予稿集, pp. 45-.

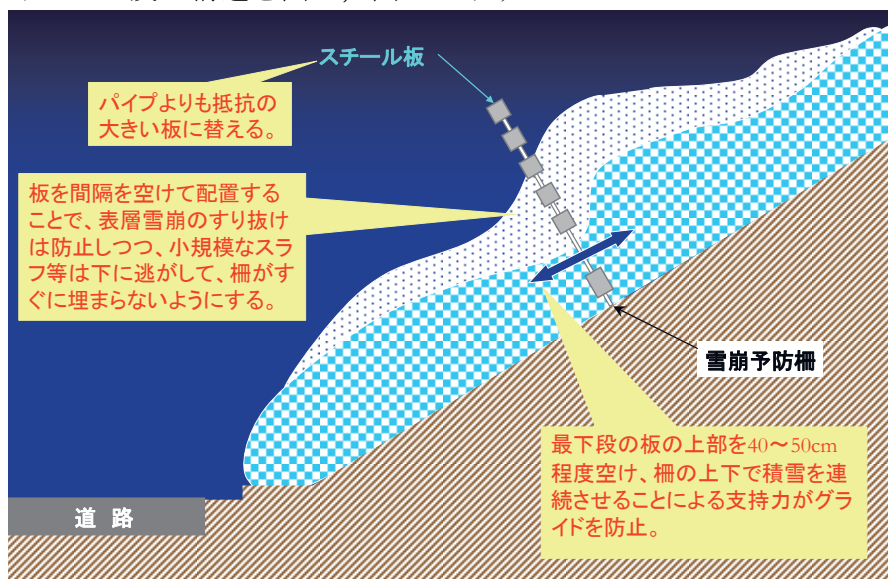


図 3 改良型雪崩予防柵のイメージ

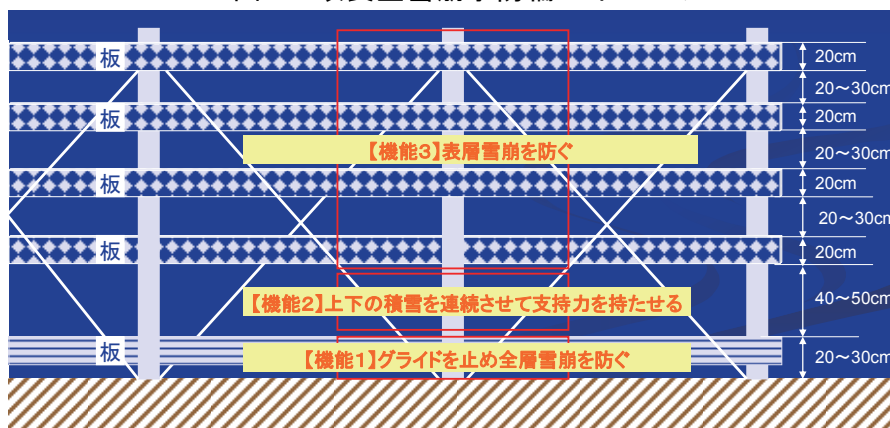


図 4 改良型雪崩予防柵の構造