

戦-27 雪崩対策工の合理的設計手法に関する研究(2)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）
研究期間：平 21～平 23
担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷）
研究担当者：松澤 勝、松下拓樹、坂瀬 修

【要旨】

雪崩予防柵の合理的な設計手法を検討するため、雪崩予防柵の列間斜距離と柵高を変えた場合の柵に作用する雪圧及び斜面積雪移動量を把握するための比較試験を行った。その結果、雪崩予防柵の列間斜距離が大きいほど柵に作用する雪圧が大きく、斜面積雪の移動量が大きくなることが示された。また斜面積雪の移動量は、柵高が低い場合に大きくなることが明らかとなった。これらの斜面積雪移動量の特徴は、雪崩予防柵からの斜距離が大きい箇所で明瞭になった。

キーワード：雪崩予防柵、列間斜距離、柵高、雪圧、グライド

1. はじめに

積雪寒冷地の道路における雪崩対策施設として、法面等の斜面に雪崩予防柵（以下、吊柵も含む）が多く設置されている。斜面における雪崩予防柵の設置間隔（以下、列間斜距離）は、設計積雪深によって求まる柵高に応じて決められる。しかし、現行の列間斜距離の算出式¹⁾では、設計積雪深が小さくなると、列間斜距離が短くなり柵の設置基数が増える。つまり、積雪の少ない地域で柵の設置基数が多くなるという課題が指摘されている²⁾。また近年、雪崩予防柵等の対策工が大規模になる傾向が指摘されており³⁾、雪崩予防柵が積雪より高い場合、柵の上部に雪の巻きだれが発達し、それが崩落して道路に達することが危惧されている⁴⁾。その対策として、雪崩対策の現場では、雪崩予防柵が設置されている斜面でも巻きだれ処理等の除雪作業が行われている。

本研究では、列間斜距離と巻きだれを考慮した雪崩予防柵の合理的な設計手法の提案に向けて、雪崩予防柵の列間斜距離と柵高の違いによる斜面積雪の移動状況や柵に作用する雪圧を比較する試験を行った。

2. 研究の方法

2.1 試験箇所の概要

雪崩予防柵の比較試験は、札幌近郊の中山峠（標高 835m）の平均勾配 3° の斜面で行った。この斜面に上下 2 段、左右 4 列に雪崩予防柵 8 基を設置して試験を行った（図 1）。試験箇所の設計積雪深に基づいた雪崩予防柵の設計では、柵高は 2.5m、列間斜距離は 15m である。4 列の雪崩予防柵のうち 3 列は、柵高 2.5m 及び幅 2.75m

の柵を用いて、それぞれ列間斜距離を 10m、15m、20m とした。この 3 列の雪崩予防柵を用いた試験から、列間斜距離の違いによる斜面積雪移動状況及び柵に作用する雪圧への影響を調べた。また、もう 1 列の雪崩予防柵は、列間斜距離 15m で下段の柵の高さを 1.0m とし、柵高の違いによる斜面積雪移動状況を調べた。

2.2 雪崩予防柵に作用する雪圧の計測

雪崩予防柵に作用する雪圧の計測として、2 本ある吊ワイヤーのうち 1 本にロードセルを設置して、ワイヤーの引張荷重を計測し、これを雪圧とした。雪圧の計測は、列間斜距離 20m と 10m の場合の下段の雪崩予防柵について行った。測定期間は、2009 年 12 月 4 日から 2010 年 3 月 19 日である。

2.3 斜面積雪の移動状況に関する断面観測

斜面積雪の移動状況の観測には、おがくずを用いた方法を実施した⁵⁾。まず積雪深が 2m 以上となった 3 月 6 日に、雪面からスノーサンプラー（断面積 20cm²）を用いて積雪を鉛直方向に円筒状に抜き取り、地面に杭を打った後に積雪内におがくずを充填した。おがくず充填から

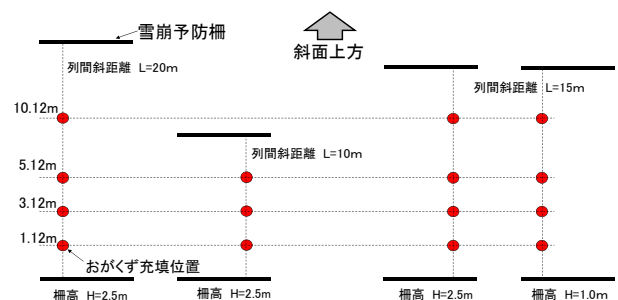


図 1 雪崩予防柵の配置とおがくず充填位置

32 日後に、おがくず充填箇所¹⁾の積雪横断面を露出させ、杭位置の鉛直線からの水平方向の変位量を測定した。ここで、地面の斜面方向の積雪移動量は、グライド量と呼ばれる¹⁾。おがくずの充填箇所は、雪崩予防柵から斜面上方へ斜距離で 1.12m、3.12m、5.12m、10.12m の位置である(図 1)。なお、断面観測時には、積雪の密度と雪温の鉛直分布を約 20cm 間隔で測定した。

3. 結果

3. 1 雪崩予防柵に作用する雪圧の計測結果

図 2 は、雪崩予防柵への雪圧の時系列である。列間斜距離 20m 及び 10m の柵への雪圧は、同じ変動をしながら徐々に大きくなった。ただし、1 月 10 日頃からは、列間斜距離 20m の柵への雪圧が 10m の柵への雪圧に比べ大きくなり、その差が広がる傾向にあった。図 3 はこの両者の雪圧を比較したものである。列間斜距離 20m の柵への雪圧は、10m の柵への雪圧に比べて 1.2 倍であった。なお、今回測定した雪圧は、いずれも試験箇所における設計上の雪圧である 147 kN より小さかった。

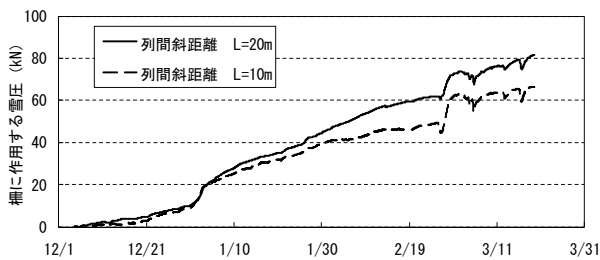


図 2 雪崩予防柵への雪圧の時系列

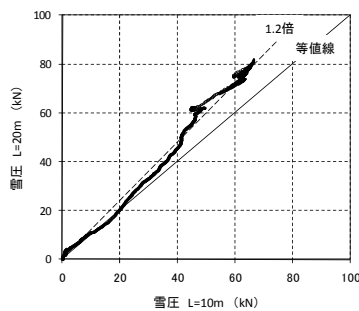


図 3 雪圧の比較

3. 2 斜面積雪の移動状況

おがくず充填時の積雪深は、雪崩予防柵付近で 2.5~2.7m、斜面で 2.0~2.5m であった。断面観測時の積雪深は、雪崩予防柵付近で約 3m、斜面で 2.5~2.7m であり、積雪密度は地面から高さ 2.5m まで約 400 kg/m³、雪温は -1~0°C であった(図は省略)。

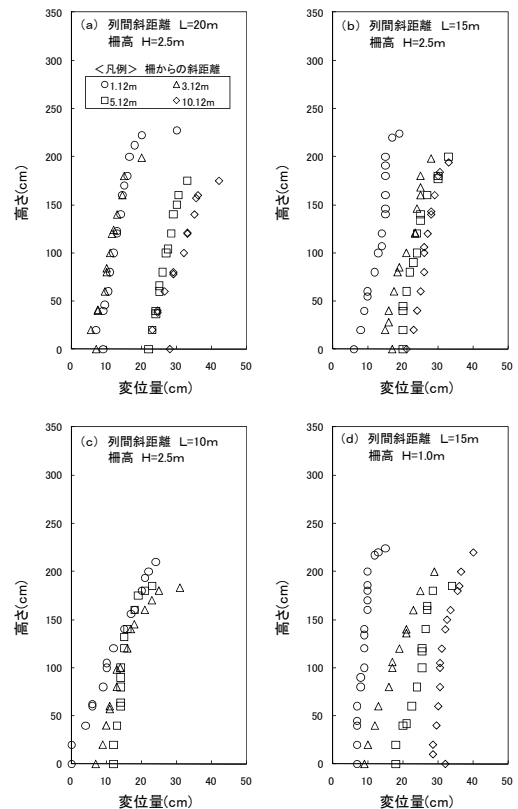


図 4 各測定箇所における積雪の水平方向の変位量

図 4 は、各測定箇所のおがくずの水平方向の変位量である。各箇所とも、地面からの高くなるほど変位量が大きくなる特徴を示し、雪崩予防柵からの斜距離が大きくなるほど変位量が多い。各箇所の変位量を比較すると、列間斜距離 10m の場合(図 4c)の変位量が小さく、列間斜距離 20m(図 4a)と 15m(図 4b)では変位量が多い。図 5 は、これらの箇所の地面における斜面方向の変位量(グライド量)と柵からの斜距離との関係と比較したものである。図中にはそれぞれの対数近似曲線も

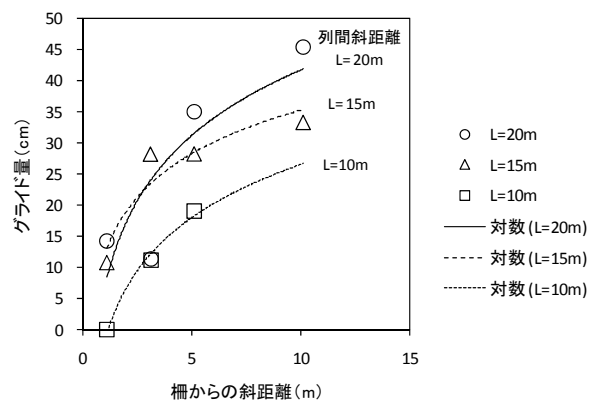


図 5 グライド量と柵からの斜距離との関係(列間斜距離 L の違い)

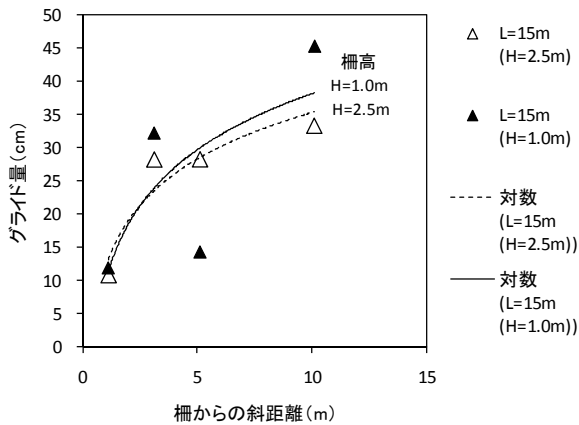


図6 グライド量と柵からの斜距離との関係
(柵高 H の違い)

示した。図5より、列間斜距離が10m、15m、20mの順にグライド量が多い。また、列間斜距離15mと20mのグライド量の差はわずかであるが、柵からの斜距離が10mになると両者の差が大きくなる。

一方、列間斜距離15mで柵高が異なる図4bと図4dを比較すると、柵高が1.0mと低い場合(図4d)で変位量が多い。図6は、この2箇所グライド量と柵からの斜距離の関係を比較したものである。プロットにばらつきがあるが、柵からの斜距離が5m以内では柵高によるグライド量の差は小さいが、柵からの斜距離が10m程度になると、柵高が1.0mと低い場合のグライド量が多くなる結果となった。

4. 考察

現行の雪崩予防柵の列間斜距離の決定は、雪圧論に基づき行われている¹⁾。今回の雪崩予防柵に作用する雪圧の測定結果より、列間斜距離が長くなると雪圧が大きくなることが示された。融雪期など斜面積雪全層が移動しやすい状況であれば、雪圧は雪崩予防柵の斜面上方の雪量、つまり列間斜距離に応じて大きくなると考えられる。今回の測定結果(図3)では、列間斜距離が2倍であるが雪圧は1.2倍であった。列間斜距離と雪圧が等倍の関係にないのは、積雪の移動に対する地面摩擦等の影響が考えられるが、これについては本格的な融雪期となる4月以降の測定結果を含めて、より詳細な解析を行う。

また、列間斜距離を求める別の方法として、斜面積雪移動量等の現象面から検討する方法が考えられる。つま

り、斜面積雪のグライド速度を、雪崩の発生条件⁶⁾以下になるように列間斜距離を決める方法である。この場合、雪崩予防柵の列間斜距離とグライド量との関係をより定量的に明らかにすることが必要である。また乾雪表層雪崩の発生機構と列間斜距離との関係に着目した調査も行う必要があると考えられる。

5. まとめ

雪崩予防柵の合理的な設計手法を検討するため、雪崩予防柵の列間斜距離と柵高を変えた場合の柵に作用する雪圧及び斜面積雪移動量を把握するための比較試験を行った。その結果、雪崩予防柵の列間斜距離が大きいほど柵に作用する雪圧が大きく、斜面積雪の移動量が多くなることが示された。また斜面積雪の移動量は、柵高が低い場合に大きくなることが明らかとなった。これらの斜面積雪移動量の特徴は、雪崩予防柵からの斜距離が大きい箇所明瞭になった。

今回の比較試験は4月以降も継続している。今後、本格的な融雪期においてどのような傾向を示すのか、引き続き調査を行い、より詳細な解析を実施する。このことにより積雪が少ない地域で雪崩予防柵の設置基数が増える課題解決に向けた検討と、巻きだれの発達抑止も考慮した雪崩予防柵の設計手法について検討していきたい。

参考文献

- 1) 日本建設機械化協会、雪センター：2005 除雪・防雪ハンドブック、(社)日本建設機械化協会、(社)雪センター、pp417、2005年
- 2) 大槻政哉：雪崩対策施設の設計に関する課題～雪崩予防柵の列間斜距離に着目して～、日本雪工学会誌、25、270-275、2009年
- 3) 町田誠、早川典生：わが国における防雪工設計の考え方について—その変遷と将来像—、寒地技術論文・報告集、23、171-175、2007年
- 4) 竹内政夫、小林昭彦：雪崩予防柵にできる雪庇と柵高、北海道の雪氷、27、21-24、2008年
- 5) 本郷栄次郎：送電用鉄塔脚部に作用する積雪荷重について、雪氷、60、473-490、1998年
- 6) 納口恭明、山田穰、五十嵐高志：全層なだれにいたるグライドの加速のモデル、国立防災科学技術センター研究報告、38、169-180、1986年

RESEARCH ON A RATIONAL METHOD OF DESIGN FOR AVALANCHE COUNTERMEASURE STRUCTURES (2)

Abstract : To develop a rational approach to design for avalanche fences, tests were conducted to measure the snow pressure acting on such structures and the displacement of snow accumulated on slopes by varying the distance between rows and heights of fences. The results revealed that the snow pressure acting on the structures and the displacement of snow on slopes increased with greater distances between rows of avalanche fences, and that snow displacement on slopes was greater with lower fences. These characteristics of displacement for snow on slopes were more significant with greater distances from avalanche fences.

Key words : avalanche fence, distance between fences, heights of fence, snow pressure, glide