

## 雪崩対策工の合理的設計手法に関する研究（1）

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：雪崩・地すべり研究センター

研究担当者：野呂 智之、伊藤 陽一

### 【要旨】

雪崩の発生を防止する雪崩予防柵などの対策工は大規模なものが多いが、積雪や地形などの状況によっては施設を小さくしてコストを縮減できる場合もあるため、適切な設計手法の確立が求められている。

そこで、雪崩予防柵の柵高や列間距離の違いによる巻きだれ発達状況を調査した。そのほか、雪崩減勢工設計のためのシミュレーション検証データとして、減勢工周辺の雪崩堆積物調査を行った。

キーワード：雪崩、予防柵、巻きだれ、グライド、減勢工

### 1. はじめに

雪崩対策工（予防施設・防護施設）は大規模な施設になることが多く、設計の合理化による施設規模の減少およびコスト縮減が求められている。

雪崩発生区に予防施設として設置される雪崩予防柵については、その柵高を 30 年確率最大積雪深や既往最大積雪深などにもとづいて設計するが、雪崩予防柵が積雪より高い場合、柵の上部に雪庇状の巻きだれが発達し、それが崩落して道路に達するおそれがあることが指摘されている<sup>1)</sup>。そのため巻きだれが発達すると積雪の除去を行う箇所もある。

また、走路や堆積区に防護施設として設置される雪崩減勢工や阻止工については、発生区での雪崩の初期層厚が流下距離によって一律に増加するものとして高さを決定するため、施設規模が大きくなりやすい。また、層厚を決定する計算手法が一次元地形で行われるため、たとえば谷幅の広がりによる層厚の変化などは考慮されていない。そこで、近年発達著しい数値シミュレーション技術を活用し、地形の変化を考慮した設計の合理化が求められている。

本稿では、予防柵の巻きだれ発達状況と、柵付近の積雪の移動量について調査を行った結果と、減勢工に雪崩が実際に衝突した事例について調査した結果について報告する。

### 2. 研究方法

#### 2. 1 雪崩予防柵の巻きだれ発達状況および積雪移動量の調査

巻きだれの防止には、予防柵の高さを積雪深にくらべて十分に高くする方法と、逆に高さをやや低く



図 1 予防柵の設置状況（十日町市大倉地区）

し、柵の上流側と下流側の積雪を一体化させる方法が考えられる。後者は景観やコスト縮減のために適当であるが、雪崩防止効果を低減させる場合があることも考えられる。そこで、予防柵の高さを変えたときの巻きだれ発達状況の違いを明らかにする目的で、予防柵の高さを変えて巻きだれ調査を定期的実施した。調査対象箇所は、新潟県十日町市大倉地区の旧道で、南東向き斜面に高さ約 4 m、幅 8.0 m の予防柵が設置されている（図 1）。ここは、冬期間の道路除雪を行われず、通行止めになるため、予防柵の横バーの一部を取り外し、見かけの柵高を一時的に変更することが可能である。そこで、平成 23 年 1～3 月にかけて、一部の予防柵の横バーを上から 2 本分 (-0.9 m) または 4 本分 (-1.7 m) 取りはずし、ほぼ 1 週間おきに巻きだれの発達状況を調査した。図 2 に、柵高を変化させる前後の状況を示す。

また、予防柵の高さを変化させたことにより、柵

付近の積雪の斜面下方への移動（クリープおよびグ



図 2 横バーをはずした予防柵（●印はもみがらの充填箇所）

ライド）量が増えることが予想される。そこで、積雪深が最大に近くなる 2 月上旬頃に柵の上流側約 1 m 程度の積雪および表土にスノーサンプラーで鉛直に縦穴を開け、その中にもみがらを充填した。積雪の移動量は、3 月頃にもみがら充填箇所の積雪を掘りかえし、表土につまってもみがらを基準とした鉛直線からのずれを測定することで求まる。調査は、正規の高さ、バー 2 本分低い箇所、4 本分低い箇所の 3 箇所で行った（図 2）。

一方、予防柵の高さを低くすると、現行の設計指針では柵の列間距離を小さくしなければならず、予防柵 1 基あたりのコストが低くなっても、全体のコストは増加してしまうことも考えられる。そこで、最適な列間距離の設定方法を検討するために、複数の列間距離で配置されている柵にかかる斜面雪圧や、積雪の移動量を調査した。

調査箇所は、新潟県上越市吉川区名木山地区で、東北東向き斜面に高さ約 4 m、幅 6 m の予防柵が設置されているが、予防柵の配置が等間隔ではなく、様々な列間距離をもつ予防柵が点在している（図 3）。予防柵のほぼ中央部にロードセル（共和電業 LUK-A-20kN）を設置し、予防柵にかかる雪圧を測定した。また、十日町市大倉地区と同様の、もみがらを使用した積雪移動量の調査を、予防柵の上部 1、3、5、7、9 m の箇所で行った。

## 2. 2 雪崩減勢工への雪崩衝突事例の調査

雪崩減勢工の高さを合理的に設計するために、地家の変化を考慮した数値シミュレーション手法の開発を実施している。シミュレーションには、実際の雪崩事例を用いてパラメータ等の検証を行うことが

望ましいが、減勢工への衝突事例はほとんどなく、

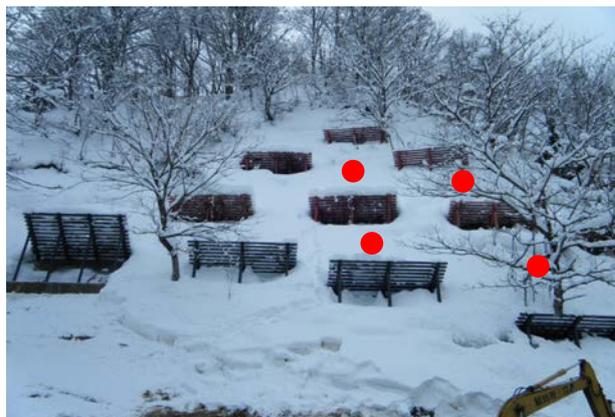


図 3 予防柵の設置状況（上越市名木山地区、●印はもみがらの充填箇所）



図 4 減勢工の設置状況（魚沼市湯之谷地区）

これまでは低温実験室における模型雪崩実験で検証を行っていた。

しかし、平成 22 年度に、新潟県魚沼市湯之谷地区で、実際に減勢工に雪崩が衝突した事例が発生した。減勢工の高さは 12.5 m、空隙率は 70% である（図 4）。雪崩は 1 月下旬頃と 2 月 23、25 日に発生した。その後、3 月 11 日に 3D 地上レーザスキャナを用いて、雪崩の堆積状況を調査した。

## 3. 研究結果

### 3. 1 雪崩予防柵の巻きだれ発達状況および積雪移動量の調査結果

図 5 に、十日町市大倉地区における巻きだれ発達状況の変化を示す（1 月 19 日、2 月 1 日、2 月 8 日）。2 月 8 日以降は斜面上部から全層雪崩が発生し、予防柵周辺の積雪が乱されてしまったが、2 月 1 日の時点では、横バーを 4 本分はずした箇所で柵の上流

と下流側の積雪がつながっている一方、2本分はず



図5 巻きだれ状況（十日町市大倉地区、上から 1月19日、2月1日、2月8日）

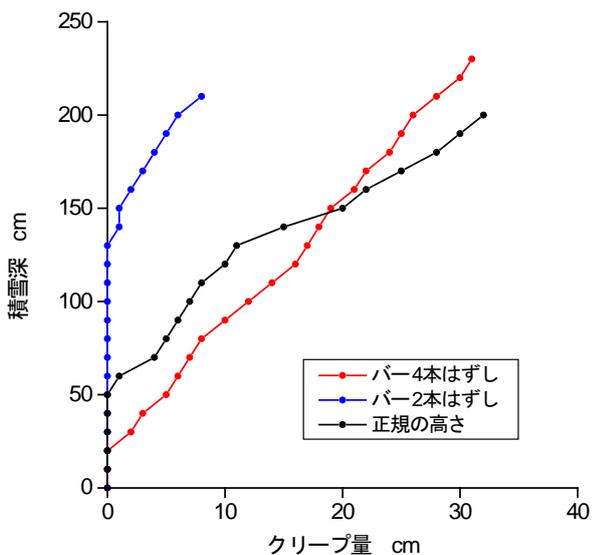


図6 積雪移動量（十日町市大倉地区、2月8日～3

月10、11日）

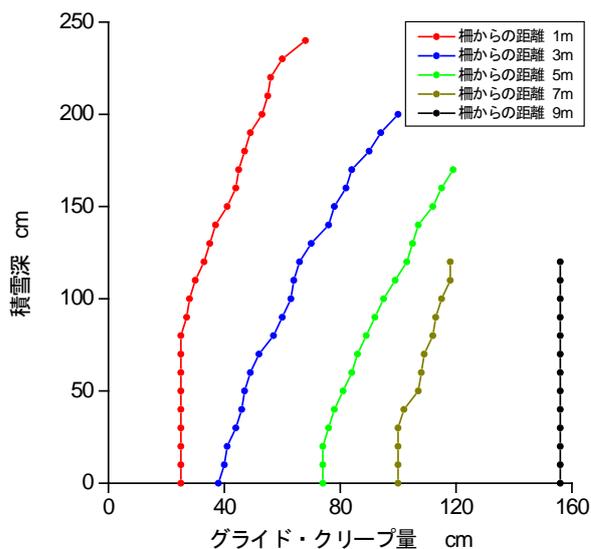


図7 積雪移動量（上越市名木山地区、図3中央上部●印の地点、2月8日～3月9、10日）

した箇所では巻きだれが発達している様子がわかる。2月1日の付近の積雪深は325cmで、バーを2本分はずした高さをほぼ同等であるが、巻きだれが発達したことになる。

図6は、2月8日～3月10日頃の約1箇月間の積雪の移動量である。3箇所とも地表面での移動（グライド）は観測されなかった。また、積雪上部の移動（クリープ）も少なく、また柵の高さによる違いも明瞭ではなかった。これは、柵間の斜面傾斜角が非常に大きく（60°以上）、斜面に積雪がつかずに落下してしまっただけと考えられる。

つぎに、図7に上越市名木山地区で観測された積雪移動量の結果の例を図8は、測定点4箇所のグライド量を柵からの距離にしたがってまとめたものを示す。予防柵からの距離が大きくなるにしたがってグライド量が増加する傾向がみえる。

これら予防柵に関する観測は、北海道でも同様のものが行われているので、今回の観測結果を比較し、北海道と本州との違いなどについても検討していく予定である。

### 3. 2 雪崩減勢工への雪崩衝突事例の調査結果

図9は、2月23日に発生した雪崩を捕えたインターバルカメラの画像である。すでに中央部のバーの上から6本目（高さ6m）までは過去の雪崩が堆積していたが、その上を新しい雪崩が流下し、上から3本目のバーまで堆積した。バーの間隔は1.2mであるので、この雪崩の層厚は3.6mと推定される。

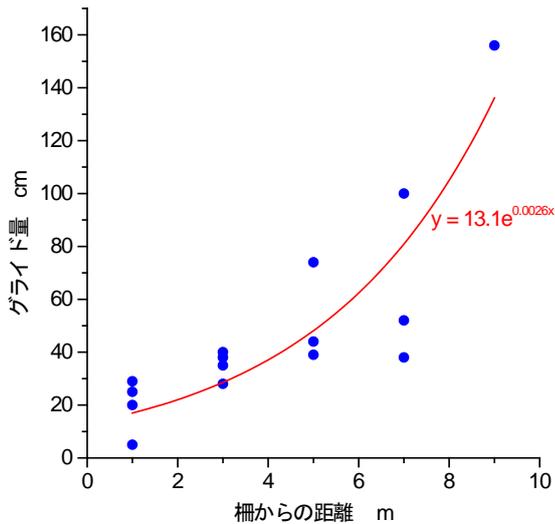


図 8 予防柵からの距離とグライド量の関係

図 10 はレーザ計測から求められた雪崩の堆積厚さ（2月23日以前の雪崩を含む）であるが、柵の下流部への流出は少なく、上流側でほぼ捕捉していることがわかる。過去に土木研究所で行われた低温実験室での模擬雪崩実験<sup>2)</sup>では、今回と同じ空隙率70%のモデルでは下流側と上流側の堆積量の比は 1:7.5 であった。今回の事例では、図 9 からわかるように下流側の堆積物はほとんどなかった。ただし、2月23日の雪崩は、気温が高い状況で発生した湿雪雪崩であり、大きな塊状の雪を多く含まれている（図 9）ことも、漏れ出しの少ない原因の一つと考えられる。

今後は、数値シミュレーションで今回の事例を再現し、検証を行う予定である。

#### 4. まとめ

雪崩対策工の合理的設計手法のため、雪崩予防柵の巻きだれ発達状況および積雪移動量と、減勢工への雪崩衝突事例について調査を行った。

予防柵については、列間距離とグライド量の関係を明瞭に測定できた。これらの結果と、予防柵への雪圧などから、最適な列間距離の設定手法についてさらに検討を行う予定である。また、減勢工については、今回の雪崩衝突事例を数値シミュレーションの検証に活用する予定である。

#### 参考文献

- 1) 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



図 9 減勢工への雪崩衝突の様子（魚沼市湯之谷地区、上：2月23日14時、下：2月23日14時30分）

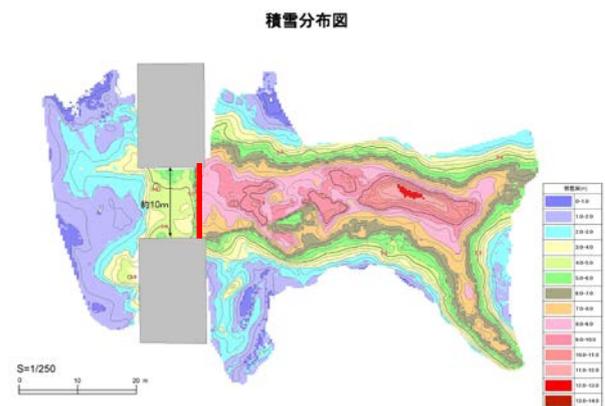


図 10 減勢工周辺の積雪深分布（|：減勢工位置）

- 2) 建設省土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室・新潟試験所：「雪崩減勢工に関する調査研究」、土木研究所資料 第2936号、91pp、1991

## Research on a rational method of design for avalanche countermeasure structures

### ABSTRACT:

Supporting structures for Avalanche such as supporting fences has many large-scale things, but establishment of appropriate design technique depending on the snow situation or topography is demanded to reduce cost.

Therefore, in the slope where was different from the height of supporting fences or the distance between the fence, I investigated the development of snow cornice,.

In addition, as simulation inspection data for the retarding structure designs, I performed avalanche sediment surveys around retarding structures.

keywords: avalanche, supporting structure, snow cornice, retarding structure, simulation