

豪雪時における雪崩危険度判定手法に関する研究(2)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：寒地道路研究グループ（雪氷）

研究担当者：加治屋安彦、松澤勝、伊東靖彦、
松下拓樹、上田真代、三好達夫

【要旨】

斜面積雪が雪崩予防柵をすり抜ける現象を対象として、北海道における雪崩事例の気象解析と現地試験を実施し、これらの結果に基づいた技術資料の作成を行った。雪崩事例解析の結果、北海道で近年報告が多いすり抜け現象を伴う雪崩は比較的限られた地域で発生し、低温下かつ弱風下で降雪強度が大きい場合に発生する傾向が明らかとなった。また現地試験の結果、すり抜け対策として既設の雪崩予防柵の支持面にメッシュパネルを取り付ける方法によって、すり抜け現象の発生を抑止する効果が確認された。以上の結果に基づき、道路管理者等が雪崩対策を行う際に参考となる技術資料を作成した。

キーワード：雪崩、道路、雪崩予防柵、すり抜け現象、技術資料

1. はじめに

近年、平成 18 年豪雪、平成 16 年北見豪雪等の記録的な豪雪に伴い各地で雪崩災害が頻発した。しかし、雪崩に対する交通路通行規制の判断に非常に苦慮している上、雪崩の危険箇所点検および応急対策手法が確立されていない状況にある。また北海道の国道では、斜面積雪が雪崩予防柵をすり抜けて道路上に達する雪崩が発生し問題となっている¹⁾。このような課題を解決するため、豪雪時の現場で直ちに対処可能な雪崩対策手法の調査・研究を、土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センターと寒地道路研究グループ雪氷チームが共同で取り組んだ。

このうち本文では、雪氷チームで実施したすり抜け現象を対象とした北海道における雪崩事例の気象解析と雪崩対策に関する現地試験の結果、及び北海道の地域特性を考慮した技術資料の作成について報告する。

2. 北海道における雪崩事例の気象解析

2.1 解析の方法

解析に用いた雪崩事例は、北海道の国道における災害記録 5 年分（2001 年 4 月～2006 年 3 月）から抽出した 41 事例である。解析に用いた気象値は、雪崩発生地点近傍の気象観測所（北海道開発局道路気象テレメータまたは気象庁アメダス）における気温、積雪深、風速の 1 時間間隔の観測値を用いた。

すり抜け現象の発生判断は、上記災害記録と既存文献¹⁾から行った。また、乾雪雪崩と湿雪雪崩の区分は災害

記録に記述があればそれに従い、無い場合は雪崩発生前 24 時間以内の気温に 0℃以上を含むものを湿雪雪崩、それ以外を乾雪雪崩とした。

2.2 解析の結果

図 1 は乾雪雪崩と湿雪雪崩、およびすり抜け現象を伴った雪崩の分布である。乾雪雪崩と湿雪雪崩は北海道の広い範囲で発生しており、発生地域に大きな差はみられない。一方、すり抜け現象を伴う雪崩は 7 事例あり、このうち 5 事例は乾雪雪崩であった。これらは比較的限られた地域で発生していることが特徴である。

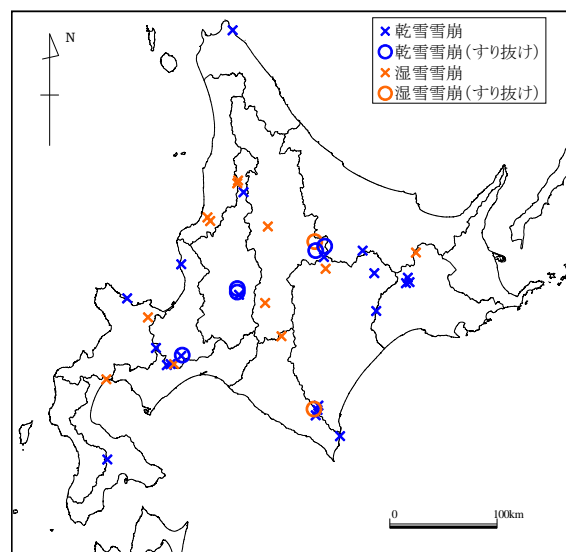


図 1 雪崩発生箇所の地域分布

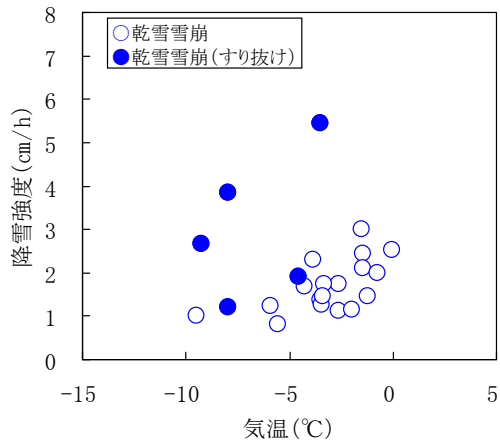


図2 雪崩発生前の降雪期間の平均気温と降雪強度の関係

図2は、乾雪雪崩23事例について、降雪開始から雪崩発生までの気温と降雪強度の関係を整理したものである。すり抜け現象の多くは気温が -4°C 以下と低くかつ降雪強度 2 cm/h 以上の条件下で発生した雪崩に伴って起きている。また、発生回数の多い大雪湖周辺の雪崩を抽出し、気温と風速との関係を整理したところ²⁾、すり抜け現象を伴う雪崩は、他の乾雪雪崩に比べて、風速 2 m/s 未満の風の弱い降雪状況下で発生していることが明らかとなった。

以上、すり抜け現象を伴う雪崩発生の特徴として次のことが明らかとなった。

- すり抜け現象を伴う雪崩は、比較的限られた地域で発生する^{3) 4)}。
- すり抜け現象は、主に乾雪雪崩に伴って発生する^{3) 4)}。
- すり抜け現象の発生は、気温が低く、風が弱く、降雪強度が大きい気象下で発生する傾向にある^{2) 3)}。

3. 北海道における雪崩対策に関する現地試験

3.1 現地試験の方法

すり抜け現象への対策として雪崩予防柵の支持面にメッシュパネルを取り付ける方法の対策効果を検証するため、札幌近郊の中山峠(標高 835 m)にて雪崩発生実験と



写真1 現地実験斜面

表1 すり抜け対策品の仕様

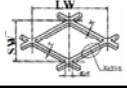
対策品	仕様
エキスパンドメタル (XS 62)	(SW) $34\text{ mm} \times$ (LW) 76.2 mm 
樹脂ネット	$25\text{ mm} \times 22\text{ mm}$



写真2 エクスパンドメタルを取り付けた雪崩予防柵

斜面積雪調査を行った。

雪崩発生実験は、現地実験斜面(勾配 37°)に高さ 2.5 m 、幅 2.75 m の雪崩予防柵を設置し、積雪上には人工的な弱層によるすべり面としてブルーシート(#3000;幅 5.4 m 、長さ 9.0 m)を敷設して行った(写真1)。すり抜け対策として表1のエキスパンドパネル(XS62(JIS規格G3351))と樹脂ネット($25\text{ mm} \times 22\text{ mm}$)を雪崩予防柵の支持面に取り付け(写真2)、無対策の場合との雪崩発生状況の比較を行った。実験では、新雪の状態ですべてにブルーシート上の積雪を除去した。その後、斜面状況の動画記録から雪崩の発生とすり抜け現象の有無を確認し、実験期間中の発生回数を集計した。

積雪調査は、メッシュパネルを取り付けた雪崩予防柵と無対策の場合の斜面積雪特性の違い及びそれによるすり抜け対策効果を把握するために、雪崩予防柵の斜面上側の積雪について密度、硬度、雪温の測定を行った。

3.2 現地試験の結果

図3は、実験においてすり抜け現象が発生したときの状況である。雪崩は、ブルーシート上に $5\sim 40\text{ cm}$ の新雪が積もった状態で発生した。

図4は、実験期間中の雪崩発生数に対するすり抜け現象の発生割合である。無対策の雪崩予防柵のすり抜け現象の発生割合は、 $66.7\sim 71.4\%$ であった。樹脂ネットを取り付けた場合のすり抜け現象の発生割合は 0.0% であり、エキスパンドパネルの場合は $0.0\sim 6.7\%$ であった。



図3 すり抜け現象の発生状況

左図から右図へ時間が経過

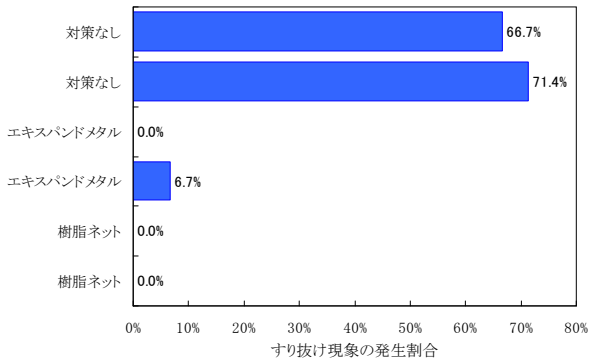


図4 自然発生雪崩に対するすり抜け現象の発生割合

エキスパンドメタルの場合ですり抜け現象が1件発生したが、エキスパンドパネル面をすり抜けた雪の量はわずかであった。よって、対策なしの場合では雪崩の約70%ですり抜け現象を伴うが、対策ありの場合では顕著なすり抜け現象は発生しないといえる。

また積雪調査から、同じ積雪密度で硬度を比較した場合(図5)、メッシュパネル取付によって積雪の硬度が大きくなる傾向が確認された。硬度が大きい積雪状態となれば破壊強度が増して、積雪が自然破壊して雪崩予防柵をすり抜けて雪崩が発生する可能性は低くなると考えられる。

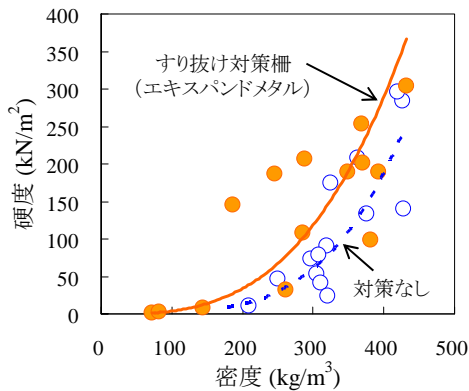


図5 雪崩予防柵の斜面上側の積雪の密度と硬度の関係

以上、メッシュパネル取付によるすり抜け現象発生の抑止効果が確認された。上記以外の実験⁵⁾⁶⁾および積雪調査⁷⁾結果を含め、メッシュパネル取付によるすり抜け対策の効果として確認できた点を次にまとめた。

- メッシュパネル取付により雪崩予防柵の斜面上側に雪が堆積し、斜面積雪移動を抑えらる⁴⁾⁷⁾。
- メッシュパネル取付により硬くしまった雪が形成される傾向にあり、柵付近の積雪が自然破壊して発生す

るすり抜け現象の発生を抑制すると考えられる⁴⁾⁷⁾。

- メッシュパネル取付により流下した雪のすり抜けを防止する効果があることも確認された³⁾⁵⁾⁶⁾。

4. 技術資料の作成と技術情報サイトの構築

4.1 道路管理上のパトロール要領(案)

2.章で行った雪崩事例の解析結果と既存の参考文献⁸⁾に基づいて、北海道の地域特性を考慮した「道路管理上のパトロール要領(案)」の作成を行った。なお、資料作成にあたり雪崩に関する有識者や行政担当者からなる「雪崩対策検討ワーキング」を立ち上げ、記載内容に関する意見照会を行いながら技術資料を作成した。

「雪崩対策検討ワーキング」における意見を参考に、技術資料の標題を「雪崩現象の基礎に関する技術資料(案)」と改め、雪崩現象の基礎的な知識と積雪期における道路付近の雪崩発生の予兆や雪崩対策施設の状況を観察するための着眼点についてとりまとめた技術資料を作成した。表2に「雪崩現象の基礎に関する技術資料(案)」の目次を示す。この技術資料において北海道の地域特性を考慮した点として、笹斜面における雪崩発生機構やすり抜け現象を伴う雪崩に関して記述した。

表2 「雪崩現象の基礎に関する技術資料(案)」の目次

章立て	記載内容
1. はじめに	・目的、構成
2. 雪崩の基礎知識	・雪崩の定義と種類 ・雪崩の発生機構 ・北海道の国道でみられる道路雪崩の特徴
3. 雪崩現象把握のための着眼点	・気象状況の把握 ・雪崩現象の観察のための着眼点 ・調査時の携帯機材
4. 応急対策	・雪崩の危険性軽減のための応急処置 ・雪崩発生区以外における応急対策

4.2 北海道における雪崩対策技術資料(案)

2.章の雪崩事例の解析結果と3.章のすり抜け対策に関する現地試験結果に基づき、すり抜け現象を伴う道路雪崩の対策を中心にした「北海道における雪崩対策技術資料(案)」の作成を行った。なお、資料作成にあたり雪崩に関する有識者や行政担当者からなる「雪崩対策検討ワーキング」を立ち上げ、記載内容に関する意見照会を行いながら技術資料を作成した。

「雪崩対策検討ワーキング」での意見を参考に、技術

資料の標題を「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料(案)」とし、すり抜け現象を伴う道路雪崩を対象とした対策施設の計画・設計を行うために必要な技術的事項をとりまとめた。

表3に「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料(案)」の目次を示す。この資料では、すり抜け対策を行う箇所の優先順位として斜面上部と下部にすり抜け対策を行うことを基本とする考えを示した。

表3 「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料(案)」の目次

章立て	記載内容
1. 総則	・目的、適用範囲、構成
2. 北海道における雪崩及び雪崩対策の実態	・道路における雪崩の発生状況と特徴 ・北海道における雪崩対策工 ・北海道における雪崩対策の課題整理
3. すり抜け現象を伴う雪崩とその対策	・すり抜け現象を伴う雪崩の発生機構 ・すり抜け現象を伴う雪崩の対策手法
4. その他の雪崩対策に関する課題	・課題と今後の方針

4. 3 技術情報サイトの構築

2. 章で実施した雪崩事例の解析結果と雪崩現象及び雪崩対策に関する研究資料や既存の論文・書籍⁸⁾を基に、雪崩に関わる技術者をはじめ一般市民にとって有用な情報を抽出整理し、雪崩技術に関する情報提供 Web サイトを作成した。また、この Web サイトを通じて、本研究で作成した「雪崩現象の基礎に関する技術資料(案)」と「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料(案)」を公開する。

5. まとめ

北海道における雪崩事例の気象解析および雪崩対策に関する現地実験を実施し、北海道に特有なすり抜け現象を伴う雪崩の発生条件とメッシュ取付による対策効果が

明らかとなった。これらの結果をもとに、「雪崩現象の基礎に関する技術資料(案)」と「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料(案)」を作成し、技術情報サイトを通じて公開する。なお「雪崩現象の基礎に関する技術資料(案)」は、土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センターで作成の「雪崩災害危険箇所点検マニュアル(案)」との合冊を予定している。

参考文献

- 1) 竹内政夫、大槻政哉、山田知充、石本敬志、「北海道における最近の道路雪崩とその対応」、ゆき、63、pp77-84、2006
- 2) 松下拓樹、松澤勝、伊東靖彦、加治屋安彦、「雪崩予防柵を斜面積雪がすり抜ける現象の発生気象条件について—大雪湖周辺の事例解析—」、北海道の雪氷、26、pp91-94、2007
- 3) 松下拓樹、松澤勝、伊東靖彦、加治屋安彦、「斜面積雪が雪崩予防柵面をすり抜ける現象の発生条件」、寒地土木研究所月報、665、pp10-17、2008
- 4) Matsushita, H., M. Matsuzawa, Y. Ito, and Y. Kajiyama, “Characteristics of meteorological condition and an example of countermeasures for road avalanches in recent years in Hokkaido, Japan”, Proceedings of 8th International Symposium on Cold Region Development (ISCORD), in CD-ROM, September 2007.
- 5) 松沢勝、三好達夫、伊東靖彦、加治屋安彦、西村浩一、大槻政哉、「屋外スロープを用いた雪崩予防柵に関する実験」、北海道の雪氷、25、pp17-20、2006
- 6) 松下拓樹、松澤勝、伊東靖彦、上田真代、加治屋安彦、「斜面積雪が雪崩予防柵面をすり抜ける現象に関する実験—発生動態と対策効果について—」、雪氷研究大会講演要旨集、pp155、2008
- 7) 松下拓樹、松澤勝、伊東靖彦、三好達夫、加治屋安彦、大槻政哉、「雪崩予防柵をすり抜ける法面雪崩の対策—北海道大雪湖周辺における調査事例—」、寒地技術論文・報告集、22、pp351-356、2006
- 8) 例えば、前野紀一、遠藤八十一、秋田谷英次、小林俊一、竹内政夫、「雪崩と吹雪」、古今書院、東京、2000

【英文要旨】

Title: Research on avalanche risk assessment method in heavy snow (2)

Abstract: To investigate the phenomenon in which accumulated snow on slopes cascades through avalanche fences and onto roads, data analysis of avalanches in Hokkaido and field tests were conducted, and technical materials were prepared based on the results. The analysis revealed that avalanches with slip-through phenomena (which have often been reported in Hokkaido in recent years) were observed in relatively limited areas, and tended to occur in conditions of low temperature, weak wind and high snowfall intensity. The field test results indicated that the method of installing mesh panels on avalanche fences was effective in preventing the slip-through phenomena. Based on the above results, technical materials were prepared to serve as a reference for road administrators in taking measures against avalanches.

Key words: avalanche, road, avalanche fence, slip-through phenomenon, technical materials