

6. 道路雪崩の実態と対策

6.1 北海道の国道における道路雪崩調査、7 期目までの流れ

北海道の道路雪崩を知るために、発生事例を収集しその特徴を気象や道路のり面勾配等との関係で調査し、道路雪崩で特に注意する必要がある雪崩を新雪雪崩、吹きだまりの崩落による雪崩および融雪による全層雪崩の3種類に絞り込んだ。これに基づいて最近の気候変動のもとでの従来の対策工法の限界や問題点を抽出・検討し、新しい対策工の概念を提案した。また、雪崩災害防止・軽減のために雪崩の危険度評価に基づいた雪崩発生危険度の目安を作っているが、吹きだまりを起因とする雪崩など新しい事態に対応するために現場聞き取り調査を行うなど、その改善を図っている。また、道路雪崩の現状を把握する目的で全道から報告されている雪崩事例について、雪崩前後の自然条件を考慮し報告された雪崩分類の妥当性についても検討を始めた。これにより、より信頼度の高い雪崩事例資料が整備されつつある。

これまで各3年6期の活動を、期ごとに要約すると以下ようになる。

第1期（平成11年度から12年度）：平成11年10月、道路・情報部会の雪崩WGとして活動を始めた。国道の雪崩実態を把握するため道路管理者用と雪崩調査技術者用の2種類の「雪崩調査シート」を作り、雪崩事例を収集し始め、特徴および要因の整理を始めた。また、平成13年2月に支笏湖畔の16か所で発生した雪崩事例から災害発生後の危険度評価を行った経緯を記録した。〔道路管理技術委員会報告書（平成10年度～12年度）で報告〕

第2期（平成13年度から15年度）：雪崩事例収集を継続し、道路に被害を及ぼした雪崩の種類や特徴、発生要因等についてまとめた。主な取り組みは、

- 1) 雪崩柵をすり抜ける新雪道路雪崩の特徴を把握。
- 2) 雪崩の危険度評価の精度向上と、現場における雪崩対応として、雪崩管理用の雪尺を提案した。
- 3) 厳冬期および融雪期の全層雪崩に対する道路巡回と交通規制対応、および雪崩発生後の緊急対応について提案した。
- 4) 北海道開発局、全建設部を対象とした現地雪崩調査・講習会の開催
〔一般財団法人北海道道路管理技術センター主催、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所共催、道路管理技術委員会報告書（その2）（平成13年度～15年度）で報告〕

第3期（平成16年度から18年度）：雪崩事例収集を継続し、雪崩対策施設の課題、雪崩発生危険度の目安などを提案した。

- 1) 北海道で発生した道路雪崩の統計および特徴整理
- 2) 雪崩の事前管理、発生危険度の目安の検討
- 3) 雪崩対策の現状と課題および問題点の整理
〔道路管理技術委員会報告書（その3）（平成16年度～18年度）で報告〕

第4期（平成19年度～21年度）：北海道で発生した主な道路雪崩の実態、雪崩対策施設の実態や課題を調べ、雪崩発生危険度の目安についての現状と課題を報告した。

- 1) 道路雪崩の種類、発生起因と発生頻度

- 2) 道路雪崩対策施設の実態と課題
- 3) 雪崩発生危険度の目安と運用、課題

〔道路管理技術委員会報告書（その 4）（平成 19 年度～21 年度）で報告〕

第 5 期（平成 22 年度～24 年度）：最近の北海道の道路雪崩災害の事例を収集し、気象データや調査結果をもとにその発生メカニズムや問題点を整理するとともに、過去の膨大な雪崩調査シートのデータの有効活用を目的として、道路雪崩災害データベースを完成させるため、データベース構築に向けた検討と、雪崩データの精査を開始した。また、雪崩に対する道路管理の現場において最低限の道路雪崩の知識を持ち、雪崩発生時などに道路防災有識者等とコミュニケーションをとる際に有効だと思われる、「雪崩対策の手引き（仮称）」の作成に向けた検討を行った。

- 1) 道路雪崩災害データベースの構築に向けた検討、及びデータ精査
- 2) 「雪崩対策の手引き（仮称）」の作成に向けた検討
- 3) 最近の道路雪崩の事例調査・整理

〔道路管理技術委員会報告書（その 5）（平成 22 年度～24 年度）で報告〕

第 6 期（平成 25 年度～27 年度）：道路雪崩災害データベースを完成させるとともに、そのデータをもとに北海道の道路雪崩の特徴を整理した。また、「道路雪崩調査シート」の改定を行うとともに、それら内容を含む「北海道の雪崩に対する道路管理の手引き(案)」を作成した。最後には、道路管理者へのヒアリング調査等に基づく今後の取り組みについても整理した。

- 1) 道路雪崩災害データベースの構築及び北海道の道路雪崩の特徴整理
- 2) 「北海道の雪崩に対する道路管理の手引き(案)」作成
- 3) 「道路雪崩調査シート」の改定
- 4) 道路雪崩に対する課題の整理

〔道路管理技術委員会報告書（その 6）（平成 25 年度～27 年度）、及び同報告書（別冊 3）（北海道の雪崩に対する道路管理の手引き(案)）で報告〕

第 7 期となる平成 28 年度から 30 年度は、第 6 期の「道路雪崩に対する課題の整理」で抽出された課題のうち、「最下段予防柵直下の雪崩対応」について検討を行った。拡幅除雪等による当該雪崩が懸念される道路や斜面を対象にヒアリングやグライド計測を実施した他、既往知見の整理を実施した。その結果を受けて当該雪崩に対する対応のあり方が整理された段階で「北海道の雪崩に対する道路管理の手引き(案)」に反映する予定である。またもう一つの課題である「グライドと雪崩危険性の関係」については、人力で到達または近接が困難な斜面の全層雪崩の危険性を把握する方法を検討する目的で、まずはグライドやクラックといった斜面積雪の性状を計測・確認する手段として、UAV（ドローン）による調査の有効性の確認を行った。

第 8 期となる平成 31 年度から令和 3 年度は、第 7 期で実施した「最下段予防柵直下の雪崩対応」について検討をうけて、最下段予防柵直下（以降、「最下段」とする）の雪崩が懸念される道路や斜面における雪崩対策の考え方を整理した。今後「北海道の雪崩に対する道路管理の手引き(案)」に反映する予定である。

また、令和 2 年～令和 3 年度では新たなテーマを掘り起こすため、道路雪氷災害（雪崩災害の

ほか地吹雪災害を含む)に関する検討を開始した。地球温暖化に伴う大雪や暴風雪災害の激甚化、冬期道路維持管理におけるオペレーターの高齢化と人出不足、技術継承の困難さという背景のもと、雪崩災害に対する道路管理のあり方や最適化を検討する目的で、今期は留萌開発建設部を対象として各種調査を実施した。既設の雪崩対策施設の効果や問題点、及び災害を軽減させるための維持管理作業の把握を行うとともに、ヒアリングや現地調査等により雪崩対策施設や維持作業の効果や問題点や作業等を整理した。なお、本テーマは暴風雪災害と共通テーマとして扱ったため、別途8章を設けて整理した。

6.2 最下段の全層雪崩対策のあり方

6.2.1 概要

過去に行った道路管理者へのアンケート調査の結果から、融雪期の最下段の全層雪崩発生や維持管理（除雪）が問題になっている現場があることが明らかになった。この事象は、法尻路肩の拡幅除雪等により、積雪の抑えが効かなくなることが要因となって発生すると考えられているが、そのメカニズムや危険性に関する詳細なデータは存在しないのが現状である。

よって、当該雪崩のメカニズムを資料収集整理や現地試験によって明らかにし、融雪期の除雪方法を検討する際の基礎資料とすることを目的として調査・検討を進めた。

当該雪崩現象において想定される雪崩発生機構を図 6.1 に、当該雪崩の事例を写真 6.1 に示す。

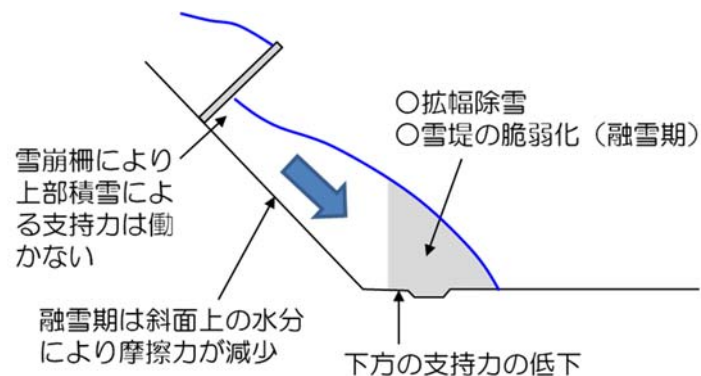


図 6.1 最下段の全層雪崩にて想定される雪崩発生機構



写真 6.1 最下段の全層雪崩の事例 (R239 号 霧立峠)

写真 6.2 は雪崩予防柵によって柵下の雪との縁が切れて、斜面下部でグライドが起こっている様子である。路側の雪堤が持つ抑止力となって、斜面積雪が滑り落ちるのを抑えているものと考えられる。写真 6.3 は、中山峠の全層雪崩の発生現場に隣接する法面下部の除雪状況である。雪堤を拡幅除雪によって削り取っている様子がわかる。その後暖気が入り融雪が進むとともにグライドが進み、斜面積雪を保持する雪堤がないために面発生湿雪全層雪崩が発生したと推察されている。

一方の対応策として、積雪の支持力を利用して雪崩を防ぐことを目的に低い柵高の雪崩予防柵を配置したのが豊富 BP（写真 6.4、写真 6.5）である。柵の周りの雪は固く結合し、クラックや空

洞は確認されない。柵の上部で斜面上下の積雪の縁が繋がることで下部積雪の雪崩を防ごうとするものである。もう一つの対策として、法面下部の積雪のグライドを防ぐことを目的に、R236号清陵では、低い杭高のグライド防止杭を設置している（写真 6.6）。



写真 6.2 柵最下段に発生したクラック
(R453号 盤尻)



写真 6.3 雪崩発生現場の法尻の除雪状況
(R230号 中山峠)



写真 6.4 積雪に埋もれた低柵高予防柵
(R40号 豊富 BP)



写真 6.5 雪崩予防柵の周りの積雪状況
(R40号 豊富 BP)



写真 6.6 柵最下段の下部に設置されたグライド防止杭（R236号 清陵）

6.2.2 ヒアリング調査結果

(1) 調査概要

法面最下段における雪崩の履歴や、拡幅除雪・法面除雪の実態等について、道路管理者（一部維持工事業者）への聞き取り調査を行った。調査対象としたのは、表 6.1 に示す 4 事務所である。

表 6.1 ヒアリング調査概要

ヒアリング先	実施月日	内容
稚内道路事務所	平成 29 年 11 月 14 日	法面最下段の雪崩履歴、除雪方法
小樽道路事務所	平成 29 年 12 月 22 日	
倶知安開発事務所	平成 29 年 12 月 22 日	
有珠復旧事務所	令和元年 10 月 29 日	法面最下段の雪崩履歴、除雪方法 (主に維持業者を対象)
倶知安開発事務所	令和 2 年 2 月 21 日	



写真 6.7 ヒアリング調査の実施状況（小樽道路事務所）

(2) 調査結果（まとめ）

①最下段下部の雪崩の履歴・認識

- ・豊富 BP では供用以来雪崩発生履歴はない（稚内道路事務所）。
- ・R339 号毛無峠で最下段の全層雪崩が発生した事例が 1 回確認された（小樽道路事務所）。
- ・R230 号中山峠では最下段の雪崩はまれにある。南斜面（日のあたる斜面）で発生することがある（倶知安開発事務所）。

②拡幅除雪の目的・融雪期の法面除雪の実態など

- ・豊富 BP では、外側線付近まで堆雪した場合に二次除雪を行うが、高規格道路で幅員に余裕があるので法尻付近まで除雪することはない。また、雪崩予防柵下部の積雪除去は行っていない（稚内道路事務所）。
- ・厳冬期に、堆雪容量確保のために、マックレーとロータリ除雪車で定期的に段切り除雪を行っている（小樽道路事務所）。
- ・2 月中旬から 3 月中旬にかけて融雪期の法面除雪を行っている。皿型側溝は出さずに法尻に雪堤を残すようにしている。また法面上の積雪は、上部は薄く、下部は厚く残して除雪

している（小樽道路事務所）。

- ・新雪除雪の容量確保のために、マックレーで法尻の雪堤を削り取る二次除雪を行っている（倶知安開発事務所）。
- ・融雪期の法尻の拡幅除雪は3月上旬に1回実施するが、拡幅は、水処理のため皿型側溝を出す程度までとし、なるべく路側雪堤を残すように除雪する（倶知安開発事務所）。
- ・さらに融雪が進んだ後には最下段下部の斜面積雪を除雪する（倶知安開発事務所）。
- ・法面下部の積雪を強固なものにするため、厳冬期の拡幅除雪では、ロータリ除雪車で法尻にたたきつける様に投雪する（有珠復旧事務所）。
- ・法尻の拡幅時は、通常は皿型側溝の車道側端部までとしている。特に融雪期はそこまで残すようにしている。このように留意するようになって以降、法面下部を発生区とする全層雪崩は発生していない（有珠復旧事務所）。

③最下段の雪崩対策について

- ・豊富 BP では柵高の低い予防柵（柵高 1.0m）を設置している。供用以降に雪崩発生履歴はないため、結果として雪崩抑止効果があると考えられる（稚内道路事務所）。
- ・グライド防止杭を設置して以降、法面下部の積雪にクラックが入ることは無くなり、法面下部を発生区とする全層雪崩は発生していない（有珠復旧事務所）。

6.2.3 グライド調査による評価

(1) 調査概要

法面下部の積雪挙動を把握するためにグライドの現地調査を行った。調査実績と斜面等特性を表 6.2 に示す。調査実施の手法を図 6.2 と図 6.3 に示す。調査は、金属製のそりに赤白ポールを固定し、これが積雪のグライド進行とともに移動する様子を静止画カメラによって撮影する手法で実施した。取得した連続静止画（1 時間おきに撮影）をデータ回収後に机上で読み取ることによりグライド量を記録した。

表 6.2 試験法面の概要

試験箇所	R40 号 豊富・幌富 BP		R276 号 清陵	
管 轄	稚内道路事務所		有珠復旧事務所	
試験期間	H31.2.13～4.9 令和 2 年冬期は小雪で未実施		H30 年度予備調査 H31.1.25～3.19	
既設対策施設	雪崩予防柵		雪崩予防柵 H=2.0m	
	標準の柵高 H=1.5m	低い柵高 H=1.0m	グライド防止杭 なし	グライド防止杭 あり
法面の向き	西		南西	
法面勾配	1 : 1.5		1 : 1.0	
最下段の雪崩予防柵 と法尻の比高	$\Delta H=5.0\text{m}$	$\Delta H=3.0\text{m}$	$\Delta H=5.5\text{m}$	$\Delta H=7.0\text{m}$
法面の植生	草地		草地	

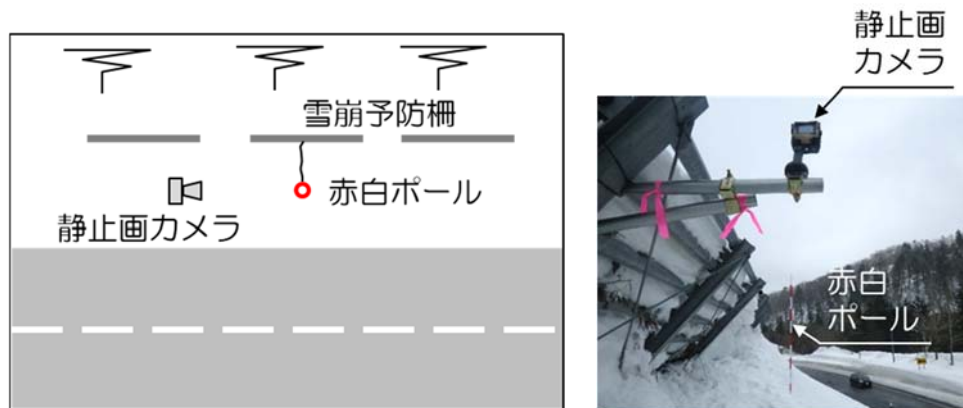


図 6.2 現地調査の手法の概要（1/2）

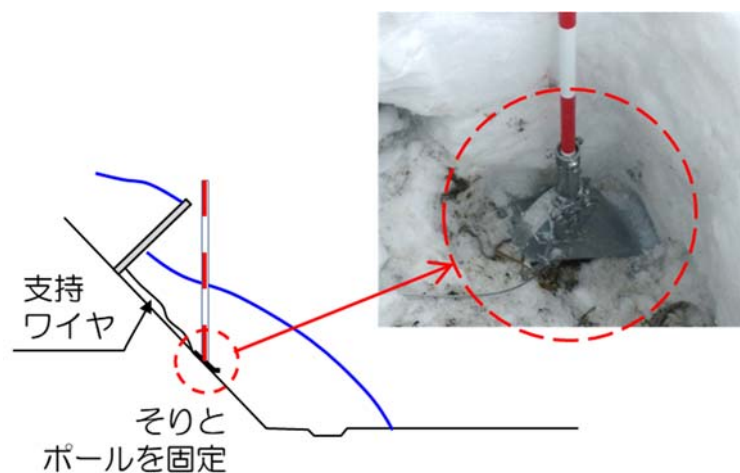


図 6.3 現地調査の手法の概要（2/2）

（2）調査結果

ここでは表 6.2 の中で最も評価ができる結果が得られた R276 号清陵（H31.1.25～3.19）の結果を示す（他の調査ではグライドの違いがあまり見られなかった）。

調査の実施位置と、計測箇所に設置されているグライド防止杭の概要を図 6.4 に示す。グライド防止杭が設置されている箇所と設置されていない箇所、計 2 箇所で実施した。また、グライド計測の結果と大滝アメダスにおける気象時系列を図 6.5 に整理した。

2 月上旬に 3 回の拡幅除雪（写真 6.8 にあるような法尻にたたくような投雪ではなく斜面全体に吹く付けるような投雪）が行われた。気温が比較的高い時期であり、最初の 2 回の除雪時期には、グライド防止杭がない斜面ではグライドが進んでいることが見てとれる。その後、徐々にグライドは進み、防止杭のありなしでグライド量の差が広がっていくのがわかる。

グライド量は防止杭が設置されていない箇所で大きくなる傾向にある。また、グライドは気温の上昇とともに進行する傾向があるほか、拡幅除雪の実施とともに進行する可能性が示唆された。直接的に法面下部の雪崩が発生したわけではないが、「①2 月以降、特に気温がプラスになると、最下段の積雪のグライドが進み全層雪崩が発生する可能性が大きくなる」「②それは融雪等の自然現象のほかに拡幅が影響する可能性がある」「③グライド防止杭はそれを抑止する効果がある」、このように考えられた。



図 6.4 試験位置と計測箇所に設置されているグライド防止柵の概要
(GoogleEarth に加筆)

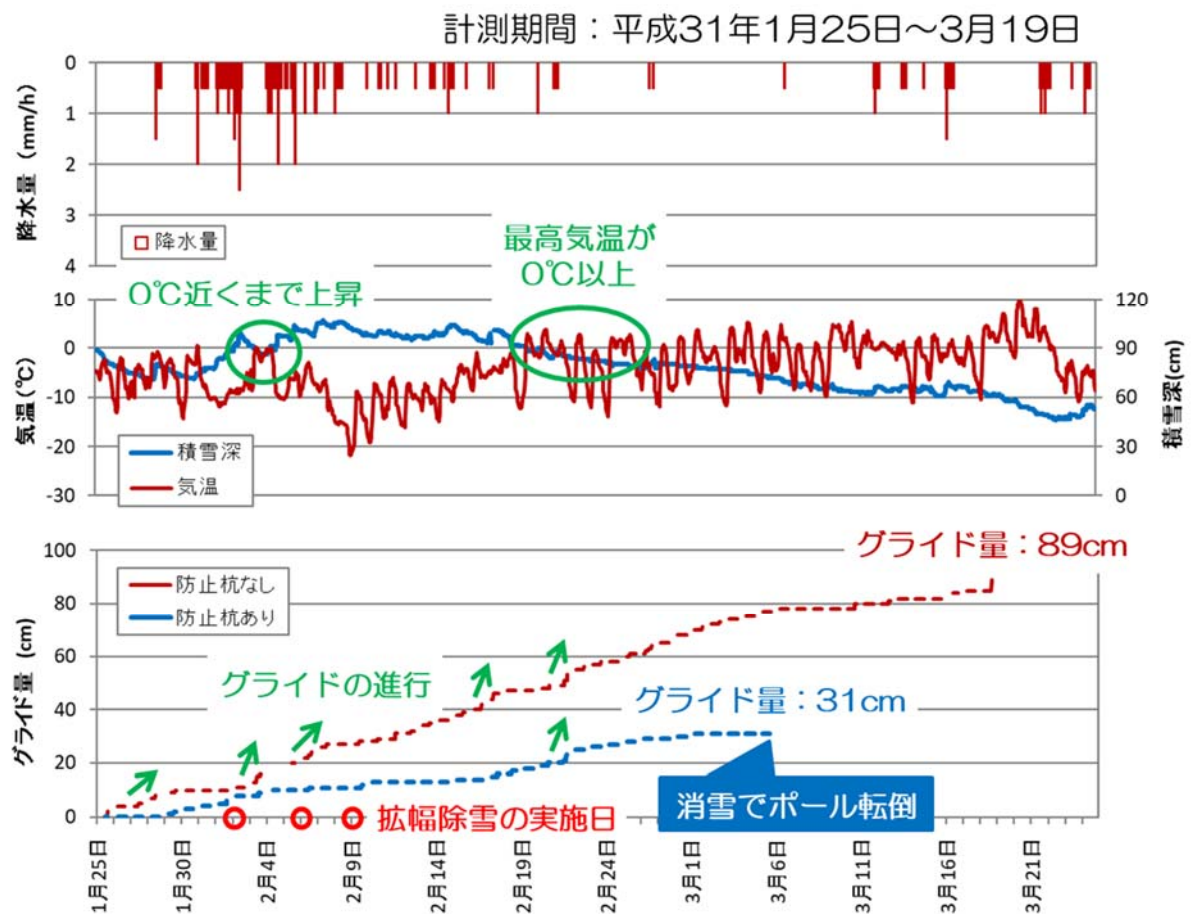


図 6.5 グライド量と大滝アメダスの気象時系列（平成 31 年冬期）

6.2.4 最下段の全層雪崩対策

(1) 除雪による対応

これまでのヒアリング調査及び現地調査の結果から、最下段の全層雪崩に関して、法尻路肩の拡幅除雪をすることで斜面積雪のグライドが進行しやすくなる可能性が大きい、融雪期でも路肩の雪堤をある程度残すようにすることで最下段の全層雪崩が発生していない傾向にあることが分かった。実際に当該雪崩の発生、未発生の条件を十分に確認はできていないものの、これまで説明されてきた「法尻の路側雪堤が融雪期に不安定になる最下段の斜面積雪を保持している」という雪崩抑止効果の仮説が正しい側の結果が得られたと考えられる。

当該雪崩の危険性が高い2月後半以降の融雪期に、法尻路側の雪堤を残すことが望ましいが、残すことによるデメリットもある。斜面側にカーブする曲線部では雪堤によって視距が阻害される、また路肩排水施設が埋雪し斜面積雪からの融雪水が直接本線に流れることがあげられる。このため、残すべき雪堤幅について以下に考察する。

最下段の全層雪崩の防止効果について、武田¹⁾によると階段工の小段幅である $0.8H_s$ (H_s : 最大積雪深) を引用して、除雪余裕幅はそれ以上あると安全としている（積雪深 2m で 1.6m 幅）。また、松澤²⁾によると斜面積雪のモデル計算の結果から、図 6.6 に示すように、概ね積雪深が 2m 程度で小段幅が 1.5m 程度で安全率が 1 以上になるとしている。両者ともに小段幅の指標であるが、法尻の路側雪堤幅も同じものとして考えると、融雪期の最大積雪として 2m を設定した場合に法尻から 1.5m 程度は残した方が良いと考えられる。

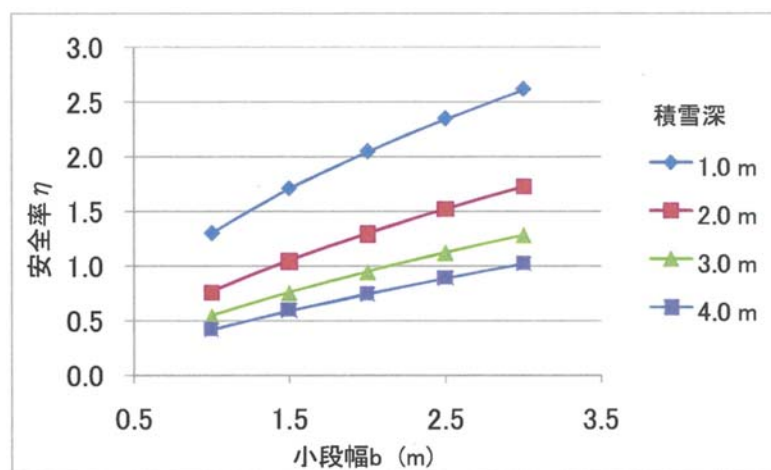


図 6.6 切土小段幅毎の斜面積雪の安全率（勾配 45°の場合）²⁾

具体的な除雪の方法としては、写真 6.8 のようなロータリ除雪車による拡幅時に、初冬期から 1 月くらい最下段から法尻の積雪に投雪して積雪をなるべく強固なものにしておくことが望ましい。

融雪期の法尻路側雪堤の幅は、上述の通り 1.5m を目途に残すようする。ただし、一般的に側溝施設は路側の堆雪スペース（二次堆雪幅）に置かれるため、その地域の積雪深によっては法尻から 1.5m の範囲内に側溝が位置する場合がある。図 6.7 上段のように 1.5m の雪堤の外に側溝があれば融雪水の問題はないが、雪堤に側溝が埋没した場合には融雪水が本線上を流れるため、融雪



写真 6.8 ロータリ除雪車による拡幅除雪
(R236 号清陵)



写真 6.9 拡幅除雪後の二次堆雪幅
(平成 31 年 1 月下旬：R236 号清陵)

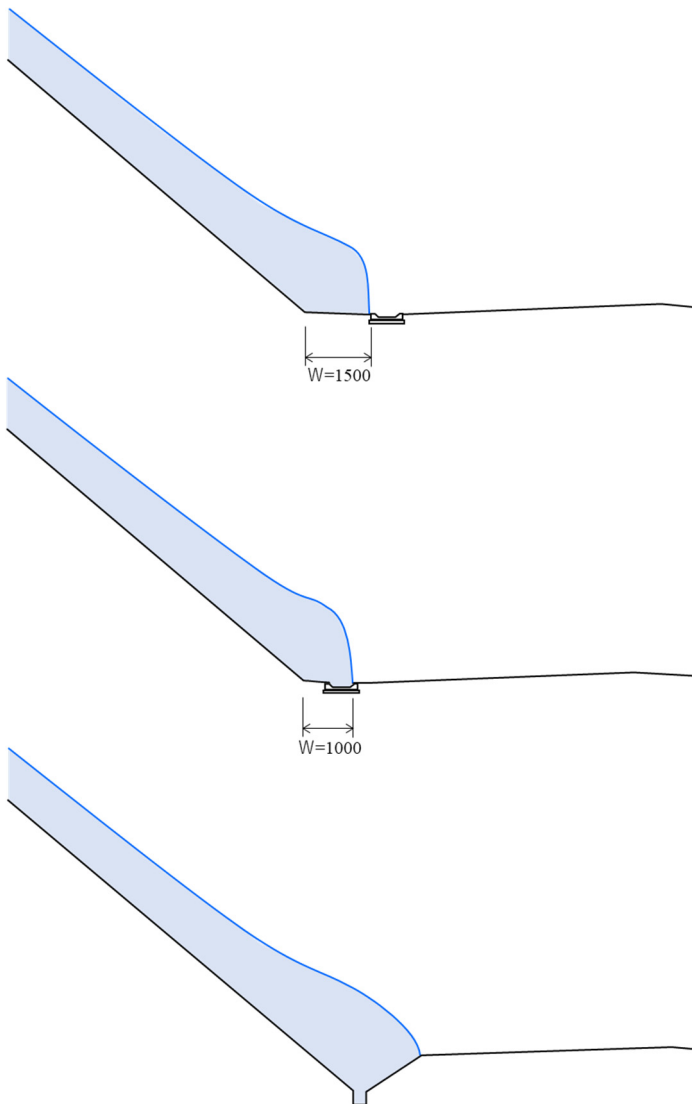


図 6.7 法尻路肩構造と雪堤の残し方

出水が激しいようであれば、路側幅が 1.5m 以下となっても、図の中段のように路側の先端が側溝端部となるような除雪を行うことが望ましい。もし融雪水の影響が少ないのであれば側溝は雪堤に埋もれていても構わない（なお写真 6.9 によると雪堤幅は 1.3m 程度で側溝はその外側にある）。道路構造上かなり路肩幅員が小さく、雪堤がわずかしかなかったような場合で雪崩の危険性が高い場合は、次ページのハード対策を考える。

図 6.7 の下段に示すような盛土型切土路肩の場合は、盛土法面が積雪の下向き駆動力を正面から受け止めることができるため、路肩ギリギリまで拡幅することで全く問題がない。

路肩雪堤を残すもう一つのデメリットである曲線部の視距確保については、必要に応じて、マックレーやサイドウィングによる段切り除雪を行うことで対応する。

(2) ハード対策

前段で整理した除雪対応により最下段の全層雪崩を防止することが困難な場合、その危険斜面に対してはハード対策で対応する必要がある。

基本は雪崩予防柵の既設斜面で、その最下段の斜面の全層雪崩が問題になるため、その部分が対策の対象となる。表層雪崩による災害の危険性はほぼなく全層雪崩が対象であることからグラライドを抑制できる対策であればよい。写真 6.10 にあるような高さの低いグラライド防止杭（ケーブルで吊るタイプとアンカー固定タイプがある）があるが、写真 6.11 にあるような単管による仮設杭でもグラライドと雪崩を抑止する効果を持つと考えられる。



写真 6.10 最下段のグラライド防止杭



写真 6.11 斜面積雪のグラライド防止を目的とした単管仮設杭

6.2.5 まとめ

平成 29 年度～平成 30 年度、今期の平成 31 年度で最下段の全層雪崩対策について検討した。

アンケート調査によって得られた最下段の雪崩対策のニーズに対して、複数の道路事務所、維持工事業者に対してヒアリング調査を実施した。その結果、それ程頻度が高いわけではないが当該雪崩は発生しており、ロータリ除雪車から法尻積雪に投雪することで積雪を強固にする、斜面積雪を保持するための路側雪堤をなるべく残すなど、様々な工夫をしながら除雪を行うことで、当該雪崩に対処していた。

R276 号 清陵でのグラライド計測は、2 シーズンの調査を行い概ね目的を達成した。路肩の拡幅除雪をすることでグラライドが進むこと、グラライド防止杭の斜面ではあまりグラライドが進まないことなどが明らかになった。

この 3 ヶ年で、実際に当該雪崩の発生、未発生の条件を十分に確認はできていないものの、これまで説明されてきた「法尻の路側雪堤が融雪期に不安定になる最下段の斜面積雪を保持している」という雪崩抑止効果の仮説が正しい側の結果が得られたと考える。

ここで検討した最下段の雪崩対策のあり方、特に除雪方法については、以前に取りまとめた「北海道の雪崩に対する道路管理の手引き（案）」に加筆する予定である。

参考文献

- 1) 武田ほか(2006): 全層雪崩対策のための低柵高雪崩予防柵採用の試みについて～一般国道 40 号豊富バイパスにおける事例紹介～, 第 49 回(平成 17 年度)北海道開発局技術研究発表会 発表論文集, ふ～1.
- 2) 松澤ほか(2009): 道路法面の小段が持つ全層雪崩抑止効果の評価モデル, 北海道の雪氷, No.28, 109-112.