

# 北海道の地域特性を考慮した雪崩対策 に関する技術資料の作成について —すり抜け現象を伴う雪崩対策の考え方—

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 雪氷チーム ○中村 浩  
松下 拓樹  
松澤 勝

北海道では、近年、斜面積雪が雪崩予防柵の支持面をすり抜けて道路に達する現象が発生している。この対策として柵面にネット等を設置する試みが行われているが、対策に必要な考え方を示す技術資料は無い状況にあった。そこで、寒地土木研究所では、すり抜け現象を伴う雪崩の発生機構や対策の効果に関する調査を行うとともに、有識者等からなる検討会を立ち上げ、すり抜け現象を伴う雪崩対策の考え方など、北海道の地域に特有な雪崩に対する対策や基礎知識に関する技術資料をとりまとめたので、これらの取り組みについて報告する。

キーワード：冬期維持管理、雪崩、雪崩予防柵、すり抜け現象

## 1. はじめに

北海道では、冬期の積雪等の影響に伴う通行止めを抑制し、安全で信頼性の高い道路交通を確保するため、雪崩対策は重要な課題として位置付けられている。

北海道の道路において、雪崩予防柵（吊柵を含む）などの雪崩対策工の整備は、これまで、雪崩の発生予防にその効果を発揮してきた。

しかし近年、斜面積雪が雪崩予防柵の支持面をすり抜けて道路に達する現象が発生している。この対策として、雪崩予防柵の支持面にネット等を設置し、すり抜けを防止する試みが行われているが、この対策に必要な考え方を示す技術資料は無い状況にあった。

そこで、寒地土木研究所では、有識者等からなる検討会を設け、新しい知見を取り入れながら、すり抜け現象対策を盛り込んだ「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料(案)」をとりまとめた。

本文では、本技術資料の概要、特にすり抜け現象を伴う雪崩対策の設計に必要な考え方等について報告する。

## 2. すり抜け現象の発生の実態

### (1) 北海道の国道における道路雪崩の発生状況

北海道の国道における過去5年間（2001年（平成13年）4月～2006年（平成18年）3月）の雪崩の発生による通行止め件数の内訳と、雪崩の発生による通行止めの月別件数を図-1、図-2に示す。

雪崩の発生による通行止めは、乾雪雪崩によるものが全体の66%と多く、厳冬期である1～2月に発生することが多い<sup>1)</sup>。一方、湿雪雪崩によるものは融雪期にあたる3月に多く発生している。また、斜面積雪が雪崩予防柵をすり抜けて道路に達する現象が、主に乾雪雪崩に伴って発生している<sup>1)～6)</sup>。

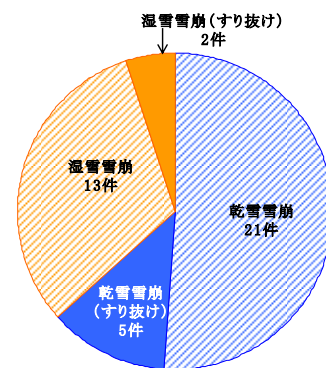


図-1 雪崩の発生による通行止め件数の内訳

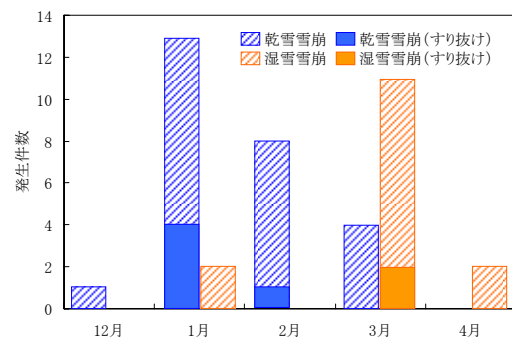


図-2 雪崩の発生による通行止めの月別件数

## (2) すり抜け現象を伴う道路雪崩の特徴

北海道の厳冬期に降る雪は粘着力が小さく、急斜面では数cm積ると間断なく滑り落ちるため大量の雪は積もらないと考えられてきた<sup>2), 3)</sup>。しかし、今まで雪が積もったことのない斜面にも大量の雪が積もり<sup>2), 3), 5)</sup>、これまでに想定していない箇所でも新たな現象を伴った雪崩発生危険性が増している<sup>6)</sup>。その一例が、雪崩予防柵が設置されている斜面で雪崩予防柵を積雪がすり抜けて流下する事例の報告である<sup>1)~6)</sup>。

このすり抜け現象を伴う雪崩とは、既存の雪崩予防柵では雪崩の発生抑止効果が果たせず、雪崩予防柵の支持面（バーの影響範囲（図-3））を積雪がすり抜ける現象のことであり（図-4）、隣り合う雪崩予防柵の間を雪が抜け落ちる現象を示すものではない。

写真-1はすり抜け現象を伴う雪崩の発生事例である。破断面が雪崩予防柵を横断しており、雪崩予防柵が設置されている斜面の積雪が破断して流下し道路に達した。

すり抜け現象を伴う雪崩は、多量降雪中またはその直後に発生する傾向にあることが報告されている<sup>1)~4)</sup>。また、平成17年の支笏湖畔の事例のように、ほぼ同時あるいは順次に同一路線の複数個所で発生することもある<sup>2), 3), 6)</sup>。

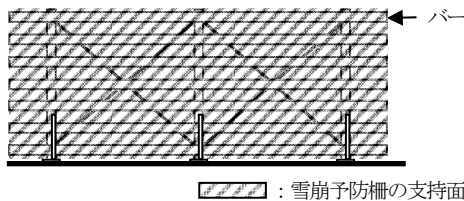


図-3 雪崩予防柵の支持面（正面図）

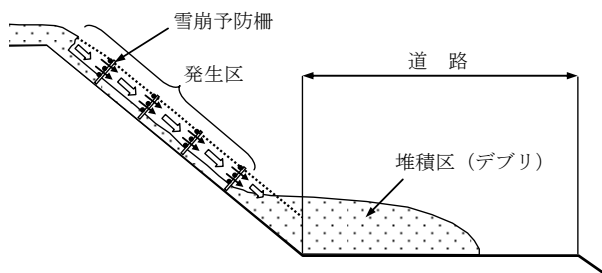


図-4 すり抜け現象を伴う雪崩の概念図



写真-1 すり抜け現象を伴う雪崩の発生事例

## 3. 技術資料の検討経緯と概要

### (1) 技術資料の作成目的と検討経緯

現在の雪崩予防柵は「北海道開発局 道路設計要領 第2集 道路付帯施設編」<sup>7)</sup>や「2005 除雪・防雪ハンドブック（防雪編）」<sup>8)</sup>に基づき設計されているが、これらの設計手法や柵自体の構造については、外国や北陸での研究成果を中心に30年以上前にとりまとめられたものである。また、すり抜け現象を伴う雪崩が発生している現場では、既設の雪崩予防柵の支持面にネット等を設置し、すり抜けを防止する試みが行われているが、この対策の考え方や設計方法を示す技術資料は無い状況にあった。

こうした状況を踏まえ、寒地土木研究所では、北海道における道路雪崩対策の設計が適切に為されるように、すり抜け現象の発生機構や対策の効果に関する調査結果<sup>1), 4), 9)~17)</sup>など既存の知見を活用するとともに、北海道の雪崩対策に関する知見の深い有識者、学識経験者、行政担当者から構成される「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策検討ワーキング」（以下「雪崩対策検討ワーキング」）を平成20年12月に立ち上げ、新しい知見を取り入れながら、技術資料を作成することとした。雪崩対策検討ワーキングの委員会の構成を表-1に示す。

表-1 雪崩対策検討ワーキングの委員会の構成（順不同）

	氏名	所属
委員（座長）	西村 浩一	名古屋大学 教授
委員	尾関 俊浩	北海道教育大学 札幌校 准教授
委員	竹内 政夫	NPO法人雪氷ネットワーク 理事
委員	日下部 毅明	北海道開発局 建設部 道路維持課 道路防災対策官
委員	見延 勲英	北海道道路管理技術センター 常務理事
委員	松澤 勝	寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム 上席研究員

雪崩対策検討ワーキングは、幹事会を5回、委員会を3回、全8回開催し、すり抜け現象を伴う雪崩とその対策のために必要な技術的事項等について検討を行い、「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料（案）」をとりまとめた。また、道路雪崩対策に携わる技術者の基礎的な知識の向上のため、雪崩の種類や発生機構、現象把握のための着眼点など、道路雪崩の観察や応急対策に必要な基礎的な知識等について検討を行い、「雪崩現象の基礎に関する技術資料（案）」をとりまとめた。以下では、前者の技術資料について、その概要を報告する。

### (2) 技術資料の適用範囲と概要

「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料（案）」は、北海道開発局が整備する一般的な道路の雪崩

対策の計画・設計に適用し、「北海道開発局 道路設計要領」を補完する技術資料である。

特に既往の設計要領等で対象としていないすり抜け現象を伴う雪崩への対応方針・方策に着目して記述しているが、既往の設計要領等を見直すものではなく、すり抜け現象への対策という点で補完するものである。

このため雪崩対策施設の計画・設計にあたっては、以下に示す関連図書を併せて参照することとしている。

「北海道開発局 道路設計要領 第2集 道路付帯施設」<sup>7)</sup>

「2005除雪・防雪ハンドブック (防雪編)」<sup>8)</sup>

「道路防雪便覧」<sup>18)</sup>

「集落雪崩対策工事技術指針 (案)」<sup>19)</sup>

この技術資料の目次構成を表-2に示す。

表-2 技術資料の目次構成

「北海道の地域特性を考慮した雪崩対策の技術資料(案)」	
目次	
1章	総則 ・目的、適用範囲、技術資料の構成
2章	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
3章	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章	その他の雪崩対策に関する課題

次章では、本技術資料で新たに盛り込んだすり抜け現象を伴う雪崩対策の考え方を説明する。

## 4. すり抜け現象を伴う雪崩の対策手法

### (1) すり抜け現象を伴う雪崩対策の考え方

すり抜け現象を伴う雪崩対策とは、すり抜け現象の発生を防止するための対策であり、雪崩予防柵の設計の考え方に基づいて、すり抜け現象の対策を行うものである。

すり抜け現象を伴う雪崩対策は、以下の3点について検討することとしている。

① すり抜け現象を発生させないための雪崩予防柵の支持面における対策

② すり抜け現象を伴う雪崩対策工の施設配置

③ すり抜け現象を伴う雪崩対策が必要となる箇所

なお、すり抜け現象を伴う雪崩発生時の気象条件や地形条件についてまだ不明な点があるため<sup>1), 4)</sup>、現時点においてすり抜け現象を伴う雪崩対策を実施すべき対象箇所の明確な基準を示すことは難しい。このためすり抜け現象を伴う雪崩対策を必要とする箇所は、主としてすり抜け現象が確認された斜面と考える。また、その周辺斜面については、すり抜け現象発生時の気象条件や地形条

件(以下のa), b)を参考にするとともに専門家の意見を聞きながら検討することが望ましい。

### a) すり抜け現象を伴う雪崩発生時の気象条件

すり抜け現象を伴う雪崩は、これまでに発生した事例についての雪崩発生箇所近傍の気象観測データを用いた解析によると<sup>1), 4)</sup>、以下の①～③に示す気象条件が重なった場合に発生する傾向がある(図-5、図-6)。

- ① 降雪強度が大きく(例えば平均降雪強度2cm/h以上)、かつ連続降雪量が多い(例えば30cm以上) 場合
- ② 降雪期間を通じて気温が低い(例えば平均気温が-4℃以下) 場合
- ③ 降雪期間を通じて無風か風が弱い(例えば平均風速が2m/s以下) 場合

なお、降雪期間とは、雪が降り始めてから雪崩が発生するまでの期間である。

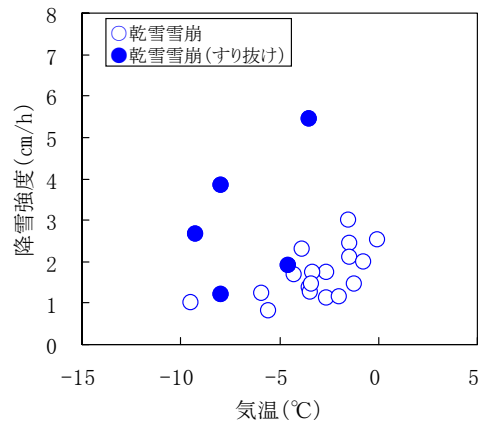


図-5 降雪期間における平均気温と降雪強度の関係

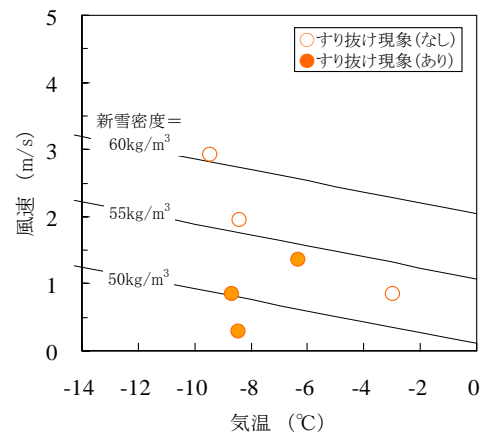


図-6 降雪期間における平均気温と平均風速及び新雪密度の関係

ただし、解析事例数が少ないことから、ここに示す気象条件以外での発生の可能性も考えられる。例えば、

④ 吹きだまりが急激に形成されるような強風の場合のような気象状況のときに、強風下で発達する吹きだまりが要因となって、すり抜け現象を伴う雪崩が発生した例もある<sup>20)</sup>。

## b) すり抜け現象を伴う雪崩発生時の地形条件

現在すり抜け現象を伴う雪崩の発生が確認されているのは、大雪湖周辺、三笠地区、支笏湖畔、野塚峠、積丹、釧勝峠などの地域である<sup>1)~3), 20)</sup>。このうち大雪湖周辺と支笏湖畔では、これまで数事例が発生し、同時に複数箇所でも発生する事例もある<sup>2)</sup>。

すり抜け現象を伴う雪崩は斜面勾配の急な斜面で発生している事例が多い。国道39号及び273号の大雪湖周辺における通行止めを伴った雪崩7事例<sup>10)</sup>のうち、すり抜けを伴う雪崩4事例は、法面（人工斜面）の勾配が0.8～1.5割（≒35～50°）の箇所が発生している。特に、最近これまで雪の積もることが無かった急斜面に大量の雪が短時間で積もるようになったことが指摘されている<sup>9)</sup>。また、すり抜け現象は上記より勾配が緩い斜面での発生事例はないが、発生の可能性を否定するものではない。

なお、すり抜け現象を伴う雪崩発生時の地形条件は法面勾配の他に斜面の向きなども関係すると考えられるが、現時点ではこれらの要素とすり抜け現象を伴う雪崩の関係は明らかになっていない。

## (2) すり抜け現象を伴う雪崩対策工の設計方法（案）

### a) 支持面材への対策

すり抜け現象を伴う雪崩対策として、北海道の一部では、エキスパンドメタル等を雪崩予防柵の支持面に取り付けるネット工が施工されている。これまでにネット工が施工された箇所で道路に到達するようなすり抜け現象を伴う雪崩発生は確認されていない。また、自然積雪を用いた雪崩実験<sup>11), 12)</sup>ではエキスパンドメタルと樹脂ネットを予防柵の支持面に取り付けることで、すり抜け現象の発生を防止する効果が確認されている。したがって、すり抜け現象を伴う雪崩の防止には雪崩予防柵の支持面に対してエキスパンドメタルや樹脂ネットなどのネット工を施工することが有効であると考えられる。

このことから技術資料では、すり抜け現象を伴う雪崩対策工として、雪崩予防柵の支持面にネット工を施工する方法を対象とした（写真-2）。対策工は主としてすり抜け現象が確認された斜面で行うため、ネット工は既設の雪崩予防柵に施工することが望ましい。



写真-2 ネット工による支持面材への対策例

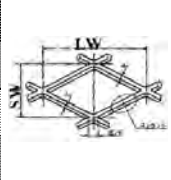
支持面材へのすり抜け対策として、ネット工を施工する場合は、以下の①～③に留意するものとした。

### ① 使用材料

使用材料は想定される最大の斜面雪圧を考慮して選定することが望ましいが、ネット等に作用する最大荷重がすり抜け時に発生するかは不明である。このことから、使用材料はこれまでの施工実績や実験結果を参考に選定するとともに経済性、環境、施工性及び耐久性に配慮することが望ましい。

表-3はネット工としての施工実績のある材料及び実験を行った材料を示したものである。これらの施工箇所ではこれまでにすり抜け現象を伴う雪崩の発生は確認されていない。また、雪崩予防柵に作用する斜面雪圧の計測結果<sup>14)</sup>より、ネット工の施工が雪崩予防柵の設計手法に対して影響を与えるものではない。

表-3 使用材料の一覧

材料	仕様（メッシュ寸法）	施工実績	実験
① エキスパンドメタル(XS-62)	SW = 34mm × LW = 76.2mm		○
② エキスパンドメタル(XS-42)	SW = 22mm × LW = 50.8mm		○
③ エキスパンドメタル(XS-32)	SW = 12mm × LW = 30.5mm		○
④ エキスパンドメタル(XG-23)	SW = 36mm × LW = 101.6mm		○
⑤ ひし形金網（溶接金網）	目合い(縦) × 目合い(横) 50mm × 50mm	○	○
⑥ 樹脂ネット	目合い(縦) × 目合い(横) 25mm × 22mm		○

### ② 設置位置

すり抜け現象を伴う雪崩対策としてエキスパンドメタル等のネット工を雪崩予防柵の背面（下側）に設置した場合には、斜面雪圧や上流から流下してきた雪崩により剥がれ落ちる可能性もあり得る。したがって、ネット工は柵の上側に設置することが望ましい。ネット工は、予防柵支持面からの積雪の抜け落ちを最小限とするため支持面全体に施工している事例が多い（図-7）。

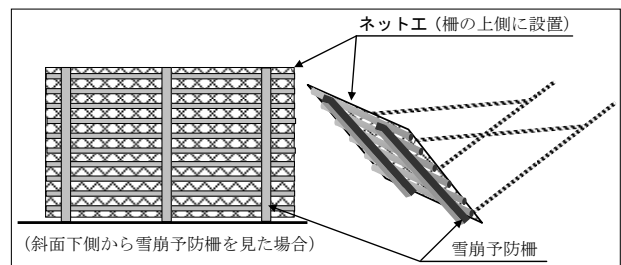


図-7 すり抜け現象を伴う雪崩対策施設のイメージ

### ③ 設置方法

すり抜け現象を伴う雪崩対策工を雪崩予防柵に設置する際には斜面雪圧による影響を小さくするために、支持面とネット工が一体となるように設置する。特に、ネットの緩みや支持面材からはみ出しはネット工の破損だ

けでなく、雪崩予防柵の損傷にも影響を及ぼすことから十分に注意する必要がある (図-8)。

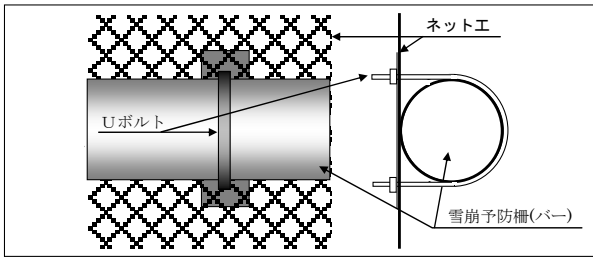


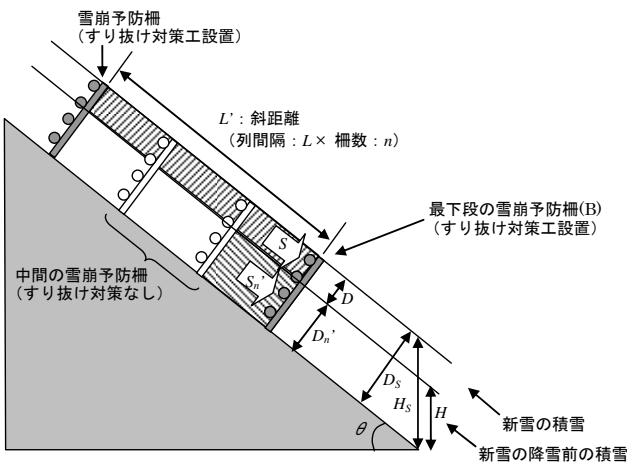
図-8 すり抜け現象を伴う雪崩対策工の設置方法例

b) すり抜け現象を伴う雪崩対策工の施設配置

全ての雪崩予防柵にすり抜け対策工を設置することは、すり抜け現象を伴う雪崩を防止する上で有効であるが経済的負担が大きい。そのため雪崩予防柵の背後にある積雪の荷重を踏まえて、適切なすり抜け対策施設の設置間隔を設定する必要がある。

最下段の雪崩予防柵をすり抜けた場合、道路に到達する可能性がある。このことから最下段の雪崩予防柵には、すり抜け対策工を設置することを基本とした<sup>12)</sup>。

それより斜面上方の雪崩予防柵における対策工の設置については、すり抜け対策を施した雪崩予防柵にかかる雪圧を考慮して、すり抜け対策の設置の必要性の有無を検討することとした。なお、積雪の圧縮強度や剪断強度を用いて、支持面でのすり抜け現象の発生危険度で評価した事例<sup>13), 22)</sup>もある。しかし、すり抜け対策工を施した雪崩予防柵の支持面では、すり抜け現象が発生しないと見なせることから、技術資料では中間の雪崩予防柵の対策について、単純に設計雪圧との比較で検討する方法を示した。



$H_S$ : 設計積雪深(m),  $H$ : 新雪の降雪前の積雪深さ(m),  $\theta$ : 斜面勾配( $^\circ$ ),  
 $D_S$ : 柵の高さ(m),  $D$ : 新雪の積雪深(斜面に直角の深さ)(m),  
 $D_n'$ : 新雪の降雪前の積雪深(斜面に直角の深さ)(m),  
 $S_n'$ : 積雪(新雪の降雪前)の雪圧の斜面に平行な成分(kN/m),  
 $S$ : 新雪の雪圧の斜面に平行な成分(kN/m)

図-9 すり抜け対策を実施する雪崩予防柵の配置計画例

すり抜け現象を伴う雪崩は、多量降雪時の新雪によって発生することから、降雪開始前の時点では雪崩予防柵は雪に埋まっていないと考えられる。すり抜け現象が発生したときの降雪深の最大値が概ね $0.5m^{1), 4)}$ であることを参考に、新雪の降雪前の積雪深を $H=H_S-0.5(m)$ とする。ここですり抜け現象が発生する臨界状態を考える。すり抜け対策を施工していない雪崩予防柵は新雪層を支えていないものとする。このとき、下側に設置した雪崩予防柵(B)にかかる力は、積雪深 $H$ の積雪により与えられる雪圧 $S_n'$ と新雪層による雪圧 $S$ との和と考えることができる(図-9)。この値が、雪崩予防柵(B)の設計雪圧 $S_n$ を超えないように、すり抜け対策を施工する柵同士の距離 $L'$ を決める。安全率を $\eta$ とすると、 $\eta > 1$ のとき安全と判断できる。なお最上段付近では、すり抜け対策を施した柵同士の斜距離 $L'$ 内に破断面が入るよう考慮する。

$$\eta = \frac{S_n}{S_n' + S} \quad (1)$$

ここで、

$$S_n = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot H_S^2 \cdot K \cdot N, \quad (2)$$

$$S_n' = \frac{1}{2} \cdot \rho_s \cdot g \cdot H^2 \cdot K \cdot N, \quad (3)$$

$$S = \rho_s \cdot g \cdot D \cdot L' \cdot \sin \theta \quad (4)$$

ここで、 $\rho$ : 設計上の積雪密度(=0.35 t/m<sup>3</sup>)、 $g$ : 重力加速度 (=9.8 m/s<sup>2</sup>)、 $K$ : クリープ係数、 $N$ : グライド係数、 $\rho_s$ : 新雪層の密度(t/m<sup>3</sup>)、 $D$ : 新雪層の厚さ(m)、 $L'$ : すり抜け対策を施した柵同士の斜距離(=列間隔  $L \times$  柵数  $n$ ) (m)である。

上記方法による安全率の計算例を表-4に示す。法面勾配 $\theta=45^\circ$ 、グライド係数 $N=2.4$ の斜面の場合において、新雪層の密度 $\rho_s=0.1$  t/m<sup>3</sup>、厚さ $D=0.35$  m (法面勾配 $\theta=45^\circ$ の場合、新雪の深さ0.5mに相当)と仮定すると、設計積雪深 $H_S=3.0$ mの場合、最大で2基おきにすり抜け対策を施すことで対処が可能と判断できる。

表-4 安全率の計算例

$H_S$ (m)	$L$ (m)	1基おき施工 ( $n=2$ )		2基おき施工 ( $n=3$ )		3基おき施工 ( $n=4$ )	
		$L'$ (m)	$\eta$	$L'$ (m)	$\eta$	$L'$ (m)	$\eta$
3	12	24	1.12	36	1.01	48	0.92

5. おわりに

今回とりまとめた技術資料では、既存の技術資料に記載のない雪崩対策に関する課題のうち、北海道で近年報告<sup>1), 2), 23)</sup>が多い斜面積雪が雪崩予防柵の支持面をすり抜

ける現象を伴う雪崩に着目し、その対策のために必要な技術的事項を記載した。

これ以外の課題として、最下段の柵の下部斜面から発生する全層雪崩<sup>24)</sup>、勾配が小さな斜面で雪崩予防柵や小段が設置されていない場合に発生する融雪期の全層雪崩がある<sup>5), 24)</sup>。その他、雪崩予防柵上部に形成される巻きだれの問題が報告されている<sup>24), 25)</sup>。これらの課題に対する考え方は、今後の技術資料の改訂等により、内容の充実に努めていきたい。

最後に、技術資料の作成に際して、貴重なご指導・ご助言をいただいた雪崩対策検討ワーキングの関係各位の皆様方に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦, 加治屋安彦(2008): 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, P.10-17
- 2) 竹内政夫, 大槻政哉, 山田知充, 石本敬志(2005): 北海道の道路雪崩と現場対応, 雪工学会誌, 21, P.202-211
- 3) 竹内政夫, 大槻政哉, 山田知充, 石本敬志(2006): 北海道における最近の道路雪崩とその対応, ゆき, 63, P.77-83
- 4) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦, 加治屋安彦(2007): 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, P.91-94
- 5) 竹内政夫(2008): 北海道における雪崩との関わりと最近の道路雪崩, 北の交差点, 22, P.15-20
- 6) 竹内政夫(2004): 異常気象と雪崩の異変, 北の交差点, 15, P.18-21
- 7) 北海道開発局(2008): 北海道開発局 道路設計要領 第2集 道路付帯施設
- 8) 社団法人日本建設機械化協会, 社団法人雪センター(2005): 2005 除雪・防雪ハンドブック, 社団法人日本建設機械化協会, 社団法人雪センター
- 9) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦, 坂瀬修(2009): 雪崩予防柵を斜面積雪がすり抜ける現象の対策について, 第28回日本道路会議論文集(CD-ROM)
- 10) 伊東靖彦, 松下拓樹, 松澤勝(2009): すり抜け現象を対象とした雪崩対策技術資料案の作成について, 第52回(平成20年度)北海道開発局技術研究発表会 発表論文, ふゆ-12(道)
- 11) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦, 上田真代(2009): すり抜け現象を伴う雪崩の積雪特性と対策効果, ゆきみらい研究発表会論文集
- 12) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦, 上田真代, 加治屋安彦(2008): 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, P.155
- 13) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦, 大槻政哉, 齋藤佳彦(2008): 雪崩予防柵をすり抜ける斜面積雪の特性に関する一考察, 寒地技術論文・報告集, 24, P.388-392
- 14) 松下拓樹, 松澤勝, 加治屋安彦(2008): すり抜け現象を伴う雪崩の発生条件と対策について, 第51回(平成19年度)北海道開発局技術研究発表会 発表論文集(CD-ROM), ふゆ-10(道)
- 15) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦(2007): 雪崩予防柵をすり抜ける法面雪崩の対策について - 北海道大雪湖周辺における調査事例 -, 第50回(平成18年度)北海道開発局技術研究発表会 発表論文集(CD-ROM), ふゆ-11
- 16) 松下拓樹, 松澤勝, 伊東靖彦, 三好達夫, 加治屋安彦, 大槻政哉(2006): 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, P.351-356
- 17) 松沢勝, 三好達夫, 伊東靖彦, 加治屋安彦, 西村浩一, 大槻政哉(2006): 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, P.17-20
- 18) 社団法人日本道路協会(1990): 道路防雪便覧, 丸善株式会社, P.383
- 19) 社団法人雪センター(1996): 集落雪崩対策工事技術指針(案), 社団法人雪センター
- 20) 竹内政夫(2009): 雪崩の被害を未然に防ぐための道路管理, 北の交差点, 24, P.20-24
- 21) 大槻政哉, 和泉薫, 河島克久, 竹内政夫(2004): 北海道十勝地方における道路雪崩の特徴, 寒地技術論文・報告集, 20, P.680-683
- 22) 旭川開発建設部上川道路維持事業所(2006): 平成17年度 一般国道39号上川町雪崩予防柵配置資料作成報告書
- 23) 竹内政夫, 大槻政哉, 山田知充(2005): 樹木や柵をすり抜ける新雪雪崩, 寒地技術論文・報告集, 21, P.768-771
- 24) 金田安弘, 竹内政夫(2008): 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~, 北海道の雪氷, 27, P.25-28
- 25) 竹内政夫, 小林昭彦(2008): 雪崩予防柵にできる雪庇と柵高, 北海道の雪氷, 27, P.21-24