

## 北海道の道路斜面における融雪崩壊のタイプ分類と気温及び積雪量との関係

土木研究所寒地土木研究所  
土木研究所寒地土木研究所  
土木研究所寒地土木研究所

正会員 ○日外 勝仁  
正会員 吉野 恒平  
正会員 倉橋 稔幸

### 1. はじめに

北海道などの積雪寒冷地では、融雪期に切土のり面や自然斜面で表層崩壊（以下崩壊という。）が多発する傾向がある（図-1、表-1）。筆者らは、北海道の国道斜面における崩壊事例データの分析により、崩壊は遷急線地形や集水型斜面において発生頻度が高いこと、また、融雪水による地盤の長期湿潤による強度低下やアイスレンズ形成によるすべり面の形成などの積雪寒冷地特有の要因が、融雪や降雨等の水供給状況と合わさった崩壊メカニズムが考えられることなどを示してきた<sup>1),2)</sup>。本稿では、事例分析に基づき、これらの崩壊メカニズムが作用し易い地形地質条件や気象状況を考慮した融雪崩壊のタイプ分類を行ったので、その結果を紹介する。

### 2. 分類方法

融雪崩壊の発生には水が様々な形で関わっており、直接的なトリガーとなる地下水位上昇には降雨量の他に気温で変化する融雪水量も大きく影響する。融雪は、積雪量の多寡や気温によって数週間から数ヶ月に及び、降雨に比べて遙かに長い期間地盤を湿潤状態にし、吸水膨張による強度低下（吸水軟化）により崩壊を発生し易くする。また、主に気温に左右されるアイスレンズ形成や堆雪・融雪といった積雪寒冷地特有の現象によって、法尻部での排水が阻害されて地下水位が上昇し、崩壊へと繋がる場合もある。その他に、雪崩予防柵の設置箇所では、アンカー一部の地盤の緩みに積雪の重さも合わさって崩壊が助長される場合もある。そこで、これらの斜面不安定化現象が生じ易い地形地質条件や気象状況（積雪量や気温）の組み合わせによって、引き起こされ易い融雪崩壊タイプを分類した。

### 3. 分類結果

表-1に示した融雪崩壊の内、詳細情報のある15事例を、①長期浸水タイプ（5事例）、②雪崩予防柵崩壊助長タイプ（3事例）、③地質影響卓越タイプ（1事例）、④法尻排水阻害タイプ（1事例）、⑤地形影響卓越タイプ（4事例）、⑥アイスレンズ起因タイプ（1事例）の6つに分類した（図-2）。その上で、融雪崩壊に寄与する融雪水の供給状況やアイスレンズの形成状況が、厳冬期から融雪期にかけての気温と積雪量によってどう異なり、その時にどの融雪崩壊タイプが生じ易いかを図-3に図示した。また、融雪崩壊タイプごとに、点検時や対策検討時の着眼点を整理し、地形地質条件に即した崩壊メカニズムの解説図や代表事例の写真を添えた個票としてとりまとめた（図-4）。

### 4. おわりに

この成果を基に、現地状況や気象条件に応じた適切な崩壊メカニズムを想定した点検が行われ、精度向上に繋がることを期待する。

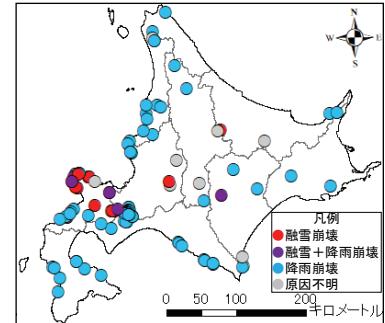


図-1 崩壊の発生位置図  
(北海道の国道斜面 2006-2018年)

表-1 崩壊要因と月別発生件数  
(北海道の国道斜面 2006-2018年)

崩壊要因	発災月	月別発生件数												合計
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
融雪のみ		3	7	3										13
融雪+降雨				2	2									5
降雨のみ		1	2	7	8	13	12	33	1					77
不明		1	6	4				1						12
合計		0	1	4	17	16	8	14	12	33	1	0	1	107

融雪は、積雪量の多寡や気温によって数週間から数ヶ月に及び、降雨に比べて遙かに長い期間地盤を湿潤状態にし、吸水膨張による強度低下（吸水軟化）により崩壊を発生し易くする。また、主に気温に左右されるアイスレンズ形成や堆雪・融雪といった積雪寒冷地特有の現象によって、法尻部での排水が阻害されて地下水位が上昇し、崩壊へと繋がる場合もある。その他に、雪崩予防柵の設置箇所では、アンカー一部の地盤の緩みに積雪の重さも合わさって崩壊が助長される場合もある。そこで、これらの斜面不安定化現象が生じ易い地形地質条件や気象状況（積雪量や気温）の組み合わせによって、引き起こされ易い融雪崩壊タイプを分類した。

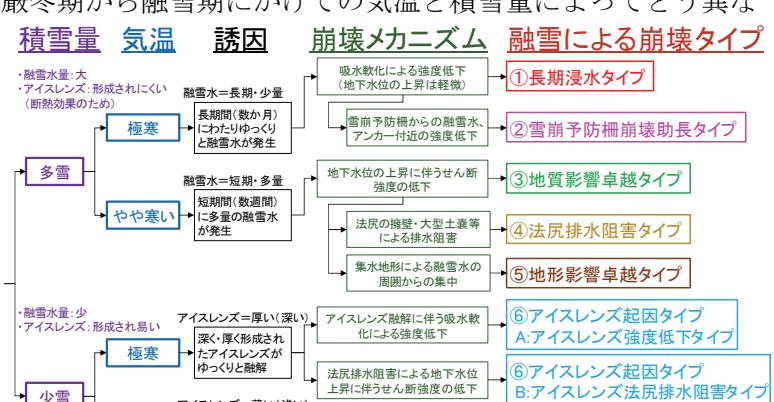


図-2 誘因(積雪量・気温)による崩壊メカニズムと融雪崩壊タイプの関係

キーワード 道路斜面災害、表層崩壊、融雪、点検、北海道、積雪寒冷地

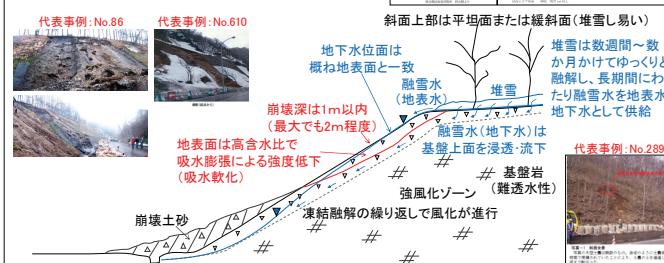
連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3-1-34 (国研)土木研究所 寒地土木研究所 TEL:011-841-1775

## 参考文献

- 1) 日外勝仁, 角田富士夫, 倉橋稔幸: 北海道における道路斜面災害の発生と降雨・融雪の影響, 土木学会平成29年度全国大会第72回年次学術講演会講演概要集, pp. 379-380, 2017.
- 2) 日外勝仁, 角田富士夫, 吉野恒平, 倉橋稔幸: 北海道の道路斜面災害における融雪崩壊と降雨崩壊の特徴, 土木学会平成30年度全国大会第73回年次学術講演会講演概要集, pp. 141-142, 2018.

## ①長期浸水タイプ

- ・岩盤掘削した切土法面(縦断方向に概ね直線)。
- ・基盤岩は一般に難透水性。
- ・表層部は凍結融解の繰り返しで風化が進行。
- ・表層の土質は礫混じり土砂状で基質は細砂・シルト。
- ・融雪水(地表水・地下水)が集中しやすい法肩付近から崩壊



### ■点検時の着眼点

- ・切土後数年経過した表層土が風化により礫混じり土砂化した法面で、かつ、斜面上部が平坦面～緩斜面となる斜面で生じやすい。
- ・地表水・地下水により、晴れている日でも表層が湿潤状態の場合は要注意。

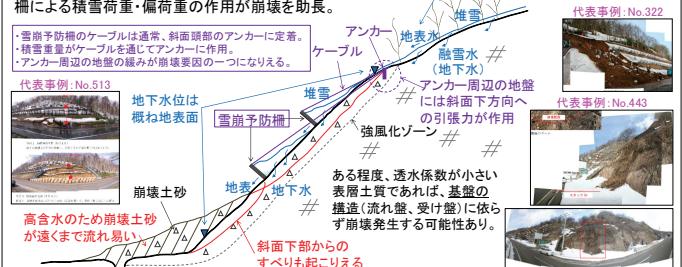
## ②雪崩予防柵崩壊助長タイプ

- ・雪崩予防柵が長期間、雪を蓄える(水の供給源)。

・柵背面の堆雪から継続的に融雪水が発生。

・斜面には、雪による自重増加(積雪荷重の増加)、ケーブル・アンカーを通じた斜面頭部への偏荷重作用。

・吸水膨張による地盤の強度低下と自重増加、雪崩予防柵による積雪荷重・偏荷重的作用が前壊を助長。

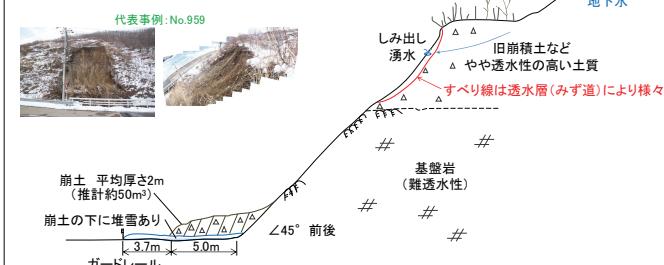


### ■点検時の着眼点

- ・切土から数年経過した表層土が風化により礫混じり土砂化した法面で、かつ、斜面上部や雪崩予防柵の背面に多量の堆雪がある場合に生じやすい。
- ・融雪水(地表水・地下水)の浸透を防ぐため、斜面上部に遮断排水及び排水トラフを設置。

## ③地質影響卓越タイプ

- ・地質の違いにより、融雪水が透水性の高い地層(透水層)に集中したことで生じるタイプ。
- ・数週間～数か月にわたる継続的な融雪水により透水層が飽和状態にあったところにやや強い雨が降った場合に発生しやすい。
- ・多くは、旧崩壊跡にて繰り返し発生。



### ■点検時の着眼点

- ・斜面下部が硬質(難透水性)、上部が軟質(透水性)など、融雪水(主に地下水)が局所に集中する斜面で生じやすい。
- ・頭部が平坦面～緩斜面の場合や旧崩壊跡がある場合は、要注意。

### ■対策検討時の着眼点

- ・切り直しても数年後、再び、風化が進み崩壊する恐れあり。
- ・融雪水(地表水・地下水)の浸透を防ぐため、斜面上部に遮断排水及び排水トラフを設置。

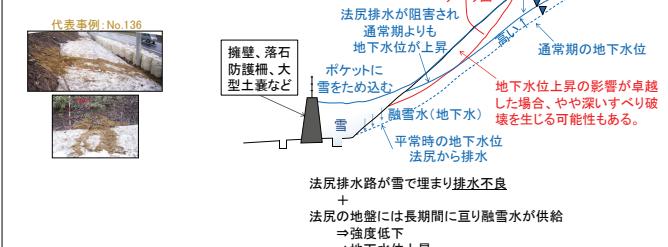
## ④法尻排水阻害タイプ

- ・法尻に擁壁等が設置されているとポケットに多量の雪が蓄えられる。

・ポケットに蓄えられた堆雪には以下の効果。

- ①水の供給源となり法尻の吸水軟化(地盤の強度低下)を引き起こす。
- ②法尻排水路の排水阻害により、通常期よりも地下水位を上昇する。

・切土斜面・自然斜面、どちらでも起こりえる。

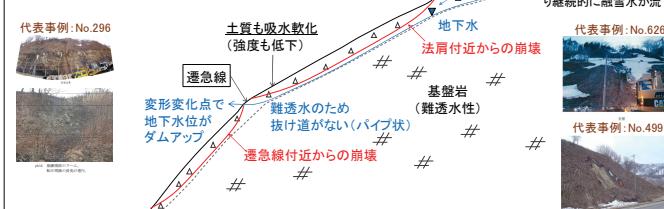


### ■点検時の着眼点

- ・融雪期に点検し、擁壁・土壌等の背面を確認。堆積が多くあり、法尻排水が阻害されている場合は要注意。

## ⑤地形影響卓越タイプ

- ・集水地形が周辺の融雪水を集め長期間に亘り継続的に地表水・地下水を供給。
- ・融雪水が集まりやすい法肩付近、地下水位が上昇しやすい遷急線付近などから崩壊発生。
- ・旧崩壊跡で繰り返し発生するケースも多い。
- ・多く発生する時期は融雪期の末期。



### ■点検時の着眼点

- ・当該斜面のみならず、周辺からの融雪水(地表水・地下水)が集まる集水地形で生じやすい。多くは旧崩壊跡で生じる。
- ・融雪期にやや強い雨が降った場合は要注意。

### ■対策検討時の着眼点

- ・融雪水(地表水・地下水)を速やかに排水するための法尻排水溝、小段排水溝、縦排水溝の設置。
- ・沢地形が明瞭な場合は、水路工の設置を検討。

## ⑥アイスレンズ起因タイプ

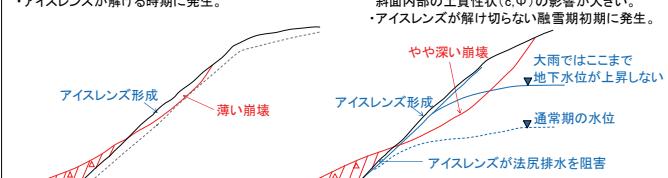
- ・寒冷・小雪の状況で起こりやすい。

(積雪深が深いと断熱効果によりアイスレンズが形成されにくい)。

・表層土質は、アイスレンズが形成されやすいシルト～細砂質の土質。(シルト質礫混じり土砂など)

### A:アイスレンズ強度低下タイプ

- ・表層の土質性状(シルト～細砂)と寒さの影響が卓越。
- ・アイスレンズ形成の深さは最大1m程度のため、崩壊も浅い深度で生じやすい(薄い土層での表面崩壊、肌落ち等)。
- ・アイスレンズが解ける時期に発生。

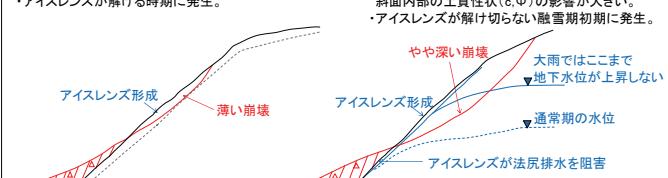


### ■点検時の着眼点

- ・表層土質が、シルト～細砂を多く含む礫混じり土砂で生じやすい。
- ・積雪がない、または、少量の日当たりの悪い斜面で生じやすい。
- ・融雪期点検にて、アイスレンズの有無を現地調査(土層強度検査棒等)。

### B:アイスレンズ法尻排水阻害タイプ

- ・斜面表層に形成されたアイスレンズにより法尻排水が阻害され地下水位が上昇、すべり面が発生。
- ・地下水位の上昇がきっかけのため、表層土質よりも斜面内部の土質性状(c.d)の影響が大きい。
- ・アイスレンズが解け切らない融雪期初期に発生。



### ■点検時の着眼点

- ・表層にアイスレンズの形成を阻害する断熱シートを設置(⑥Aタイプ)。
- ・法尻排水を促すため法尻に布団カゴ、及び、暗渠排水溝(堆雪がある状況でも法尻排水を流下させられる構造)の設置(⑥Bタイプ)。

図-4 融雪崩壊の6つのタイプ個票