

Q & A

雪崩について

防災雪氷研究室

2003年1月

北海道開発土木研究所
防災雪氷研究室

雪崩について

防災雪氷研究室

はじめに

寒さも一段と厳しくなり冬本番の今日このごろ、道路管理の最前線では、刻々と変化する道路状況に対し、日夜、目を光らせていることと思います。冬期間は特に雪氷災害に注意を払わなければなりません。道路における雪氷災害としては吹雪による視程障害、路面凍結による走行障害、雪崩による通行止めなどが挙げられますが、今回、この Q&A では雪崩について取り上げ、その基本的なポイントについてお答えします。

Q 1 雪崩はどのような現象ですか。

A 1 雪崩は斜面上に降り積もった雪が重力の作用により、肉眼で認識し得るほどの早さで移動する自然現象です。重力の斜面方向分力が積雪を下に滑り落とそうとする力（駆動力）です。一方、雪粒同士の強度率積雪底面と地表面との摩擦力が積雪を支えようとする力（抵抗力）です。駆動力と抵抗力のバランスが保たれていれば積雪は斜面にとどまり、駆動力が抵抗力の限界を超えると雪崩が発生します。このバランスの崩れ方には図 - 1 の2通りの場合があります。1つは雪の抵抗力増加があまりなく、多量の降雪などによって駆動力が急増し抵抗力を上回った場合（左図）で、主に表層雪崩が発生します。もう1つは積雪の駆動力は変化せず、融雪氷・雨水の浸透などによって積雪底面と地面の摩擦による抵抗力加減少し駆動力を下回った場合（右図）で、主に全層雪崩が発生します。雪崩は目に見える道動なのですが、自然に発生する雪崩は、いつどこで発生するか予測が難しいことから、運動中の雪崩を目撃する機会はありません。

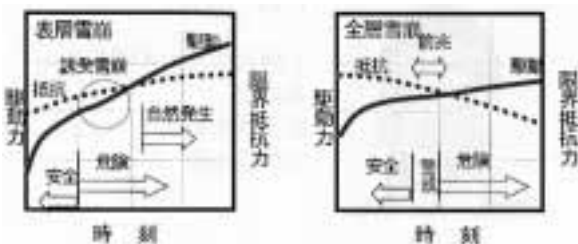


図 - 1 雪崩の発生過程 1)

Q 2 雪崩にはどのような種類がありますか。

A 2 雪崩は、その発生形態により大別すると面発生表層雪崩、点発生表層雪崩、全層雪崩、氷雪崩に分けられます。また、日本雪氷学会では表 - 1 のとおり分類を定めています。この表中で定義されているとおり、点発生は発生成加点点状であり、面発生は発生成加面状です。また、全層と表層、乾雪と湿雪については始動積雪つまり発生成の積雪の状態によって分類しており、発生成で地面が出ていれば全層雪崩、出ていなければ表層雪崩と呼び、また発生成の雪が氷を含んでいなければ乾雪雪崩、氷を含んでいれば湿雪雪崩と呼んでいます（図 - 2）。なお、氷雪崩は氷塔や氷瀑から氷の塊が落下して引き起こされる雪崩で、氷と雪、特に岩石が混じり非常に高速に発達し長距離まで到達します。

表 - 1 雪崩の分類名称 2)

		雪崩発生の形			
		点発生		面発生	
雪崩の種類	積雪の状態	乾雪	湿雪	乾雪	湿雪
表層雪崩	乾雪	点発生表層雪崩	面発生表層雪崩	乾雪	面発生表層雪崩
全層雪崩	乾雪	点発生全層雪崩	面発生全層雪崩	乾雪	面発生全層雪崩
氷雪崩	氷	点発生氷雪崩	面発生氷雪崩	乾雪	面発生氷雪崩

注：表層(積雪)と全層(地面)の位置、乾雪(積雪)と湿雪(積雪)の位置、面発生(積雪)の位置

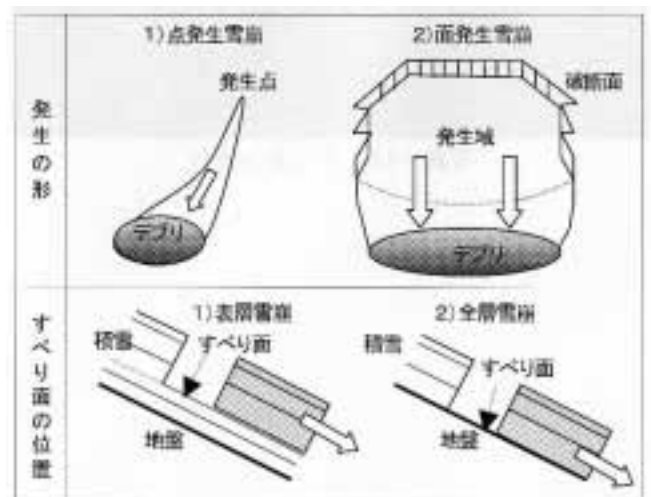


図 - 2 雪崩の分類要素 2)

Q3 表層雪崩と全層雪崩について教えてください。

A3 まず大層雪崩ですが、ここでは私達が最も警戒すべき面発生表層雪崩について説明します。面発生表層雪崩は、積雪内部に弱い層（弱層）があるとき、この弱層が上層の積雪を支えきれず、滑り面となって一気に崩落する雪崩です。この雪崩の発生域には明瞭な破断面が伴うことからこの名前が付いています。また、何の前触れもなく突然発生し、規模・破壊力ともに大きく、しばしばブロック状のデブリ（雪崩堆積物）が堆積します。そのため、大災害となる雪崩はこの種の雪崩です。この面発生表層雪崩の発生の鍵を握るのが「弱層」です。弱層は特殊な雪結晶からなる強度の小さい薄層で、滑りやすく、壊れやすく、もろく、抵抗力が小さい性質を持っています。これまでの研究によりまず弱層には5つの種類があり、「新雪（雲粒なしの降雪結晶）」、「表面霜」、「霜ざらめ雪」、「あられ」、「濡れざらめ」と呼ばれる特殊な結晶形の雪です。これらについて詳細な説明は省略しますが、何れにしてもこの5種類の弱層に共通していえることは、雪粒同士のつながりが乏しいということです。以下、弱層となる5種類の雪の形状と特徴をまとめたものを示します（表-2）。

表-2 弱層となる5種類の雪の形状と特徴³⁾

種 別	結晶の形	形成条件または特徴	備 考
新 雪	雲粒なしの結晶、大気中または無風時のこの新雪は「こしき大きな広幅六角は露の降雪、この雪が「積り雪」に変わっても薄い弱層	もろく強度は小さい弱層として残る。	
表面霜	広幅六角の一面に夜間の放射冷却と樹皮等の表面から面似た形のものから成り、高湿度で顕著に上に向かって無数「した状」のもの主発達する	に成長、目が当たる	とキラキラ光る
霜ざらめ	典型的なものは樹皮面に新雪があり、まだ「霜ざらめ」に晶状やコップ状、角区間の強い日射と夜発達していない「石柱や平板もある	間の放射冷却で表面霜ざらめも弱層と中に発達する	なる
あられ	凍結水滴（雲粒）の結晶が雲の中を落着く時の通過時に隣接合体で球形または下中に空粒を捕獲する。氷同士が結合がは円盤形、大きさは結晶したもの	弱くバラバラな状	目が長く続く
濡れざらめ	大きな球形の水の強い日射で氷粒が凍結すると丈夫な粒で互いの結合が密着する。凍結せずに霜ざらめ雪になる	積雪中に埋没すると弱層となる	

次に、全層雪崩ですが、ここでは一般的なことについて説明します。全層雪崩は、一度に地面までの積雪全層が崩落する雪崩のことです。春先になって気温が上がると融雪木や雨水が浸透し地表面が滑りやすくなり発生します。また積雪の底に霜ざらめ雪があったり

ササ地の急斜面では厳冬期でも発生します 全層雪崩は大層雪崩と異なりクラックやこぶ状起伏など際だった前兆が現れて発生するので、比較的対応が可能です。新聞に積もった雪は重力によって絶えず斜面の下方へ移動しようとする力（駆動力）が働いています。この力は雪が多いほど、また斜面が急なほど大きくなります。この動きを止めるように働く力が底面滑り（グライド）抵抗力です。この2つの力の大小関係が発生の決め手になります。山地斜面の滑り抵抗は傾斜や地表、植生の状況により差があり、滑り抵抗力が小さい場所の上部に抵抗が大きい場所があると、その境に引っ張り力が働き、クラックができます。すると積雪の滑りが活発となり幅が拡大します。滑り抵抗力の小さい領域の雪はゆっくりと斜面を下っていきますが、その下部に滑り抵抗力の大きい場所が存在すると動きが止まり、そこで雪の層全体が押し上げられ、こぶ状起伏が出来ます。さらに進行するとこぶ状起伏の頂部が割れ、この割れ目が多くなるとついには雪の滑りを支えきれなくなり雪崩が発生します。

Q4 雪崩発生のきっかけはありますか。

A4 雪崩は、前述したとおり駆動力が増大するか、あるいは抵抗力が低下すると両者のバランスが崩れ発生します、このバランスを崩す要因としては、雪が多量に降り積もったり、急激に気温が上昇したり、雪庇が崩落したりというような自然の気象条件によるものと、スキーや登山で斜面に人間が入り込んで誘発するという人為的なものがあります。北海道雪崩事故防止研究会³⁾によると、一般的な山岳雪崩については人為的な誘発による雪崩と自然に発生した雪崩の割合は、人為的な誘発62%、自然発生38%、また、雪崩の発生形態別の割合は、表層雪崩97%、全層雪崩2%、両者複合型1%とのことです。なお、雪崩がいつ発生し易いかという点については、気象条件から判断するのは難しく、むしろ山に入る人の多い少ないに関係しています。

Q5 弱層を判断する方法はありますか。

A5 弱層を判断する方法として積雪斜面に穴を掘って弱層の有無、雪の強さを確かめる「弱層テスト」と弱層の剪断強度を測定する「シアーフレームテスト（剪断強度試験）」というものがあります。

弱層テストにはいくつかの方法がありますが、どの方法も雪崩発生を確実に判断できるものではありません。しかし、弱層テストによって得られた情報は雪崩

の危険性を判別するには最も効果的です。表 - 3 にくつつかの弱層テストの名称とそれらの特徴、また、図 - 3 にはシャベルテストの模式図を示します。

表 - 3 5つの弱層テスト³⁾

弱層テスト	利点	欠点	必要な道具
ポイント法 (断面法)	所要時間が短い(10分以下) 体力的消耗が少ない 数多くのポイントが実施可能 雪の感触を“五感”で体験できる	判断の主観性：大 新雪層内の弱層を見つけるのが困難 深い積雪層までのポイントは不可能	なし
ポイント法 (手掘り)	同上 深い積雪層までのポイント可能	判断の主観性：大 新雪層内の弱層を見つけるのが困難	シャベル
シャベル法	同上 深い積雪層までのポイント可能	判断の主観性：大 新雪層内の弱層を見つけるのが困難 シャベルの強い方で力の加わり方が大きく異なる	シャベル
シアーフレーム テスト (シャベル式) (ポイント法)	同上 深い積雪層までのポイント可能 新雪層内の弱層を見つけるられる	判断の主観性：大	シャベル コ
シアーフレーム テスト (断面法)	判断の主観性：小 人為的な誘発雪崩に類似した結果が得られる	時間がかかる(約20分) 体力的消耗が大きい(直雪切断用の積が大) 多数のポイント実施困難 安全なポイントが少ない	シャベル コ



図 - 3 シャベルテスト

シアーフレームテストはシアーフレームと呼ばれる薄い金属製の枠(剪断有効面積 250cm² 又は 100cm²)を弱層の少し上まで差し込み、フレームを張力計で3秒で引き、弱層を剪断破壊させてその測定結果(21回測定の中央値)から剪断強度指数 SFI を求め、そして弱層上の積雪荷重から剪断応力を求めこの2つから安定度 SI を計算し危険度を判断する方法です(図 - 4)。

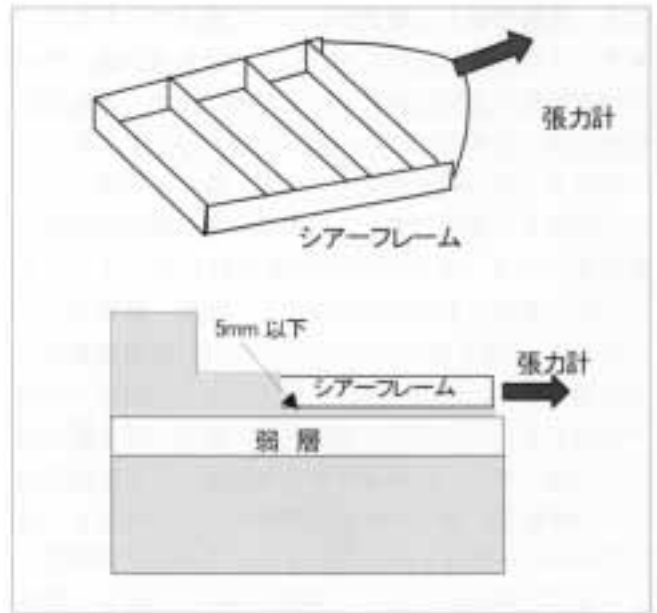


図 - 4 シアーフレームテスト

鋭峻に、この Q&A では雪崩に関する基本的なことを記載しましたので、十分な内容となっていません。従って、雪崩についてより詳しく知りたい場合は参考文献をはじめ、雪崩や防雪工学に関する書籍等によって理解を深めて頂きたいと思います。

(文責：三好 達夫)

参考文献

- 1) 池野紀一・遠藤八十一・秋田谷英次・小林俊一・竹内政夫；基礎雪氷学講座 雪崩と吹雪，古今書院，2000
- 2) 日本雪氷学会北海道支部編；雪氷調査法，北海道大学図書刊行会，1991
- 3) 北海道雪崩事故防止研究会編；決定版雪崩学，山と溪谷社，2002
- 4) 社団法人雪センター編；雪氷関連用語集，社団法人雪センター，1999