

第13回（平成26年度）技術報告会
北海道土木技術会 土質基礎研究委員会

土質基礎に関する「維持・管理・点検」
技術報告会

報 告 集

平成27年2月

主催 北海道土木技術会
土質基礎研究委員会

目 次

1. 基調講演

- 斜面の維持・管理・点検に関する最近の話題————— 1
宇次原 雅之（日特建設（株）技術本部 知財・戦略部長）

2. 技術報告

- a-1 道央自動車道 江部乙地区のり面変状対策について
○山本 陽一（東日本高速道路（株））
- a-2 盛土防災点検の概要
日下田 貴男，○対馬 一男（北武コンサルタント（株））
- a-3 繰返し注入を用いた地山補強土工法「ロータスアンカー工法」の
耐震補強への適用例
○高橋 徳，別府 正顕，甲斐谷 雅良（ライト工業（株））
- a-3 『積雪寒冷地における斜面点検』のコツ（参考資料）
○日下部 祐基，倉橋 稔幸（土木研究所寒地土木研究所）
山 真典，宮田 善郁（ドーコン）

参考資料

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料
【落石編】，【崩壊編】，【岩盤崩壊編】

1. 基調講演

「斜面の維持・管理・点検に関する最近の話題」資料

吹付のり面の 診断・補修補強の手引き

Manual of Procedures for Diagnosis,
Repair & Reinforcement of Existing Shotcreted Slopes.



のり面診断・補修補強研究会

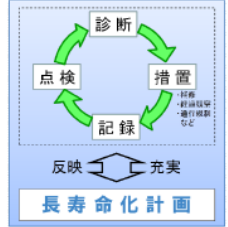
Study Group of Slope Management -
Diagnosis, Repair & Reinforcement -

本書の目的と特徴

老朽化したモルタル・コンクリート吹付のり面を対象に
点検、診断、補修補強、記録(メンテナンスサイクル)を
効率的に行うための技術的な手引きとして作成。

吹付のり面に要求される性能
を明確にしたうえで、劣化機構と
健全度(性能低下)に応じた適
切な対策工の選定をできるよう
に工夫。

メンテナンスサイクル



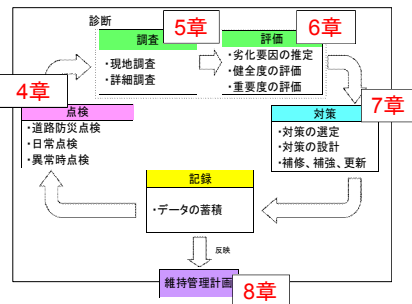
出展:国土交通省 社会資本整備審議会 道路分科会 道路メンテナンス技術小委員会

のり面診断・補修補強研究会

本書の構成

⇒本編1章

維持管理サイクルに沿って章立てをして、要点・留意
点を記述。



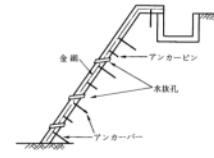
- 目次 ——
1. 総説
 2. 要求性能
 3. 劣化機構
 4. 点検
 5. 調査
 6. 評価
 7. 対策
 8. 維持管理計画

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の概要

⇒本編2章

吹付工により表面を保護されたのり面。



風化が進行しても安定が確保さ
れるのり面の表面保護工

材料:モルタル、コンクリート
(湿式吹付)
厚さ: ~20cm

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の現状

⇒本編2章

膨大なストックがあり、劣化の進行が問題となっている。

大規模な剥落災害



小規模な剥落(剥離)



施工後15年経過した吹付のり面が剥落 表面が剥離し、剥落片が歩道に落下

⇒効率的な維持管理が求められている。

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の要求性能

⇒本編2章

吹付のり面に求められる性能を、3つに整理した。

吹付のり面の要求性能

- ①風化・浸食防止性能
地山の風化、浸食防止。
- ②安全性 吹付が滑動・剥落しない。
第三者に被害を与えない。
- ③耐久性能 設計耐用期間中、上記2つの性能が維
持される。

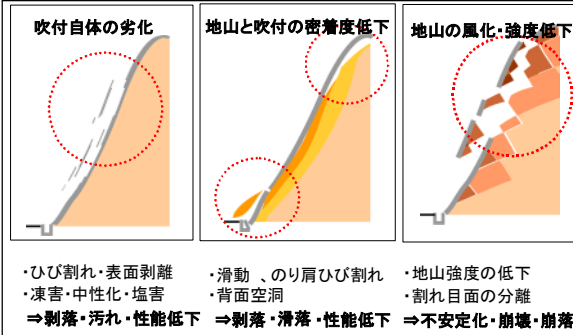
要注意: 抗土圧効果は求められていない。しかし、既設吹付のり面の中
には、土圧がかかるようなのり面に適用されたケースも多く見られる(要求性
能を超えた適用)。

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の劣化機構

⇒本編3章

劣化機構を、劣化箇所に応じて3つに区分した。



のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の劣化機構①

⇒本編4章

吹付自体の劣化



寒冷地における凍結融解による表面剥離

表面剥離が進行⇒金網、地山が露出

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の劣化機構②

⇒本編4章

吹付と地山の密着性の低下



吹付背後の空洞化

のり尻付近の変状
(側溝破損等)

背面の地山表層が風化し空洞化
⇒吹付の滑動、剥落

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の劣化機構③

⇒本編4章

背面地山の風化による劣化



割れ目沿いの風化・緩み
による岩盤崩壊

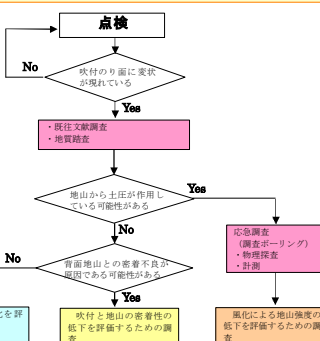
風化による地山強度の低下
⇒表層崩壊・岩盤崩壊

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の調査

⇒本編5章

目的に応じた適切な方法を選定する。



のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の評価

⇒本編6章

健全度と重要度により評価する。健全度は、要求性能が初期状態からどれだけ低下しているかにより評価する。

健全性の評価区分

健全度	性能の保持状態(健全性)	
	風化浸食防止性能	安全性
A(健全)	変状がない。あっても、保護工としての性能低下は見られない。	変状がない。あっても、のり面の安定性に問題がない。
B(軽微な低下)	保護工としての性能の低下が生じているが、軽微な段階である。	変状は現れていないが、のり面の不安定化に至る兆候が存在(伏在)する。
C(健全)	保護工としての性能が低下しており、放置すると地山の風化・浸食が進む可能性がある。	地山の風化・吹付と地山の密着性の低下に起因する変状が現れており、のり面の安定性が低下している。
D(著しく低下)	保護工としての性能が著しく低下しており、地山の風化・浸食が生じている。	地山の風化・吹付と地山の密着性の低下に起因する変状が進行し、のり面の安定性が著しく低下している。
E(危険)	(完全に失われている。)*	のり面の安定性が損なわれており、危険な状態にある(剥落、滑落、表層崩壊が発生する恐れがある)。

*風化・浸食防止機能が失われてもすぐに危険な状態となるわけではないが、その状態を放置することにより安全性が失われ危険となる。

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の評価（健全性）

⇒本編6章

要求性能の低下レベルは、変状の状態から評価する。評価では、劣化原因も反映させる。

健全度A～E/5段階



吹付自体の劣化

吹付と背面地山の密着性の低下

留意点:適切な対策選定のため、状態だけでなく劣化原因も反映させる。

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の評価（重要性）

⇒本編6章

個々のり面について、崩壊が生じた場合に発生する被害・損失の大きさに基づいて評価する。

重要性の評価区分

重要度	判定項目
α (大)	- 崩壊が発生した場合、道路両車線寸断され、復旧に時間を要する。 - 崩壊が発生した場合、崩壊規模が大きく、道路利用者に直接甚大な被害を与える可能性がある。 - 迂回路を持たない。
β (中)	- 崩壊が発生した場合、片側車線が寸断される規模の災害が発生すると予測される。 - 崩壊が発生した場合、相対的に中程度の規模の災害が発生し、道路利用者に、直接被害を与える可能性がある。 - 迂回路はあるが、狭い、遠いなどの問題がある。
γ (小)	- 崩壊が発生しても、影響が小さい。 - 崩壊が発生しても、相対的に規模が小さい。ただし、道路利用者に軽微な被害を与える可能性がある。 - 迂回路がある。のり面と道路の間に余裕（ポケット、防護柵など）がある。

のり面診断・補修補強研究会

吹付のり面の対策

⇒本編7章

ハード・ソフト対策を組み合わせた対策グレードを設定し、健全度・重要度により選定する。

健全度A～E

ハード対策/ソフト対策

区分	のり面の健全度					区分	対策方法	
	A	B	C	D	E		ハード対策	ソフト対策
性能の低下	性能の低下なし。	透水性、耐荷重、付着性の軽微な低下。	透水性、耐荷重、付着性の軽微な低下。	透水性、耐荷重、付着性の軽微な低下。	耐荷重、透水性の低下。	I	—	日常点検
重要度	α	I	II	III-1～IV	IV～V	II	—	管理強化
	β	I	I	II～III-1	III-1～IV	III-1	補修（延長化）	監視
	γ	I	I	I	II～III-1（III-2）	III-2	補修（性能回復）	管理強化
						IV	補修	—
						V	更新	日常点検
							大規模補修	—

グレードに応じた選定

のり面診断・補修補強研究会

ハード対策の選定

⇒本編7章

選定グレードと劣化原因に応じて、適切な対策をラインナップから選定する。

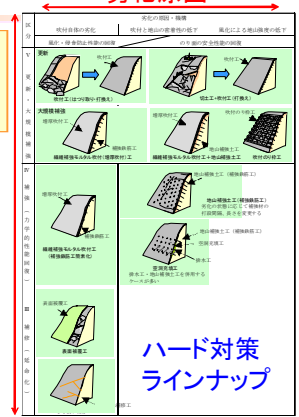
選定にあたっての留意点

- ・予防保全的な対策の検討
- ・適用条件外のり面に対する対策の選定

対策グレード

のり面診断・補修補強研究会

劣化原因



ハード対策
ラインナップ

ソフト対策の選定

⇒本編7章

のり面の重要度や健全度に応じて、ソフト対策を組み合わせる。

ソフト対策の選定

名称	点検強化	通行規制	計測機器によるモニタリング
日常管理	一般的に行われている平常時点検（日常点検、定期点検）を行う。	—	簡易なモニタリング例
管理強化	日常点検、定期点検の頻度を増やす。定期点検では、徒歩にて、のり面に近接し、変状の進展の有無、状況を確認する。	（異常時の）通行規制による対策を検討する。	計測機器などを使用した簡易なモニタリングを実施する。
監視	—	（異常時の）通行規制による対策の実施・基準強化を検討する。	—

のり面診断・補修補強研究会

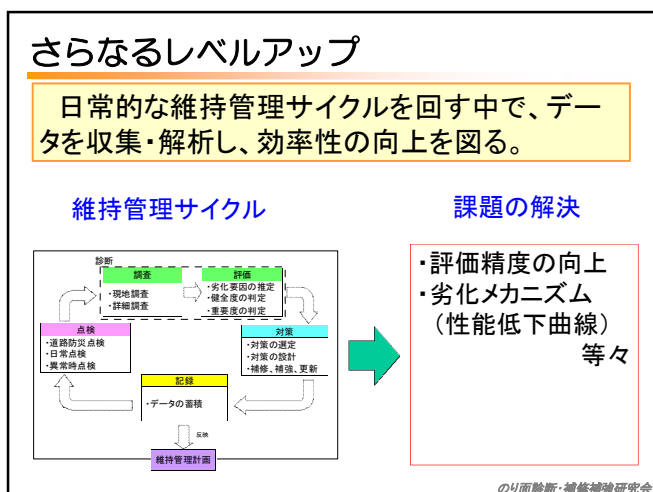
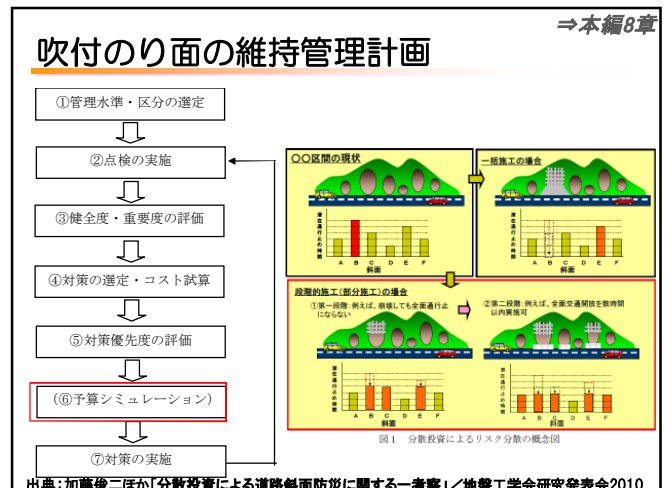
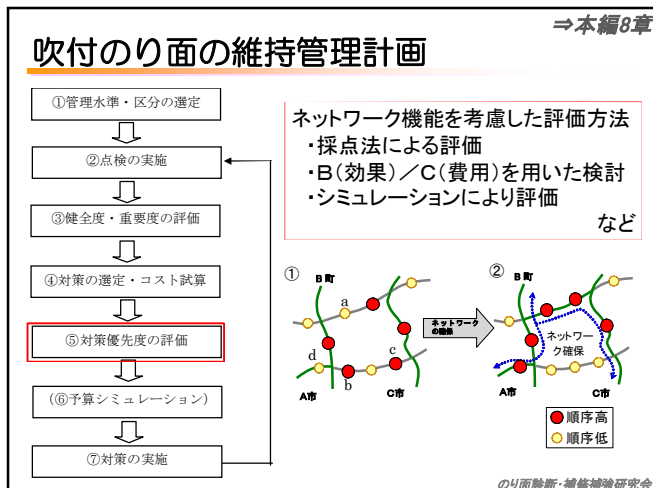
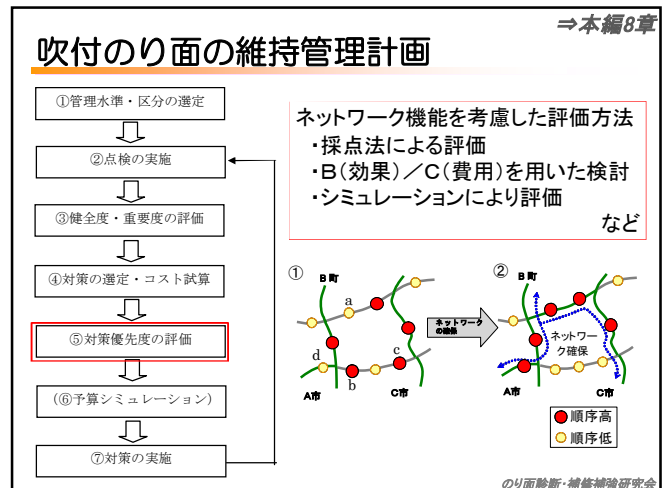
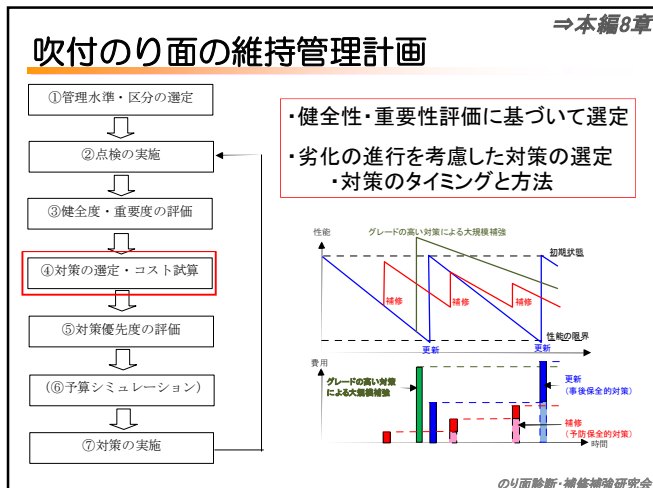
吹付のり面の維持管理計画

⇒本編8章

最も効率のよい維持管理の実施を目指し、以下のような方針に基づいて行う。

1. 維持管理サイクルを構築し、継続的に実施することによりスパイラルアップを図る。
2. 健全性・重要性を的確に評価し、これに応じた対策を選定する。
3. 予防保全的な管理手法を取り入れる。
4. 道路のネットワーク機能を考慮して重要性の評価、および優先度の検討を行う

のり面診断・補修補強研究会



最後に

★本手引きは、有志による勉強会「のり面診断・補修補強研究会」にて作成しました。

三木 博史 (元土木研究所)		
古関 潤一 (東京大学 生産技術研究所)		
田山 聡 (株式会社 高遠道路総合技術研究所)		
加藤 俊二 (独立行政法人 土木研究所 つくば中央研究所)		
日本工営株式会社	新屋 浩明	稲垣 裕
	生島 潤一	浦 元啓
	藤原 民章	柚木 隆 政浩
応用地質株式会社	佐藤 謙司	安藤 伸
	高山 秀次	金井 哲男
日特建設株式会社	山田 浩	山崎 昇
	宇次原 雅之	窪塚 大輔
	中野 亮	田中 尚

★ご清聴ありがとうございました。 のり面診断・補修補強研究会

2. 技術報告

道央自動車道 江部乙地区のり面変状対策について

東日本高速道路(株) 北海道支社 旭川管理事務所 山本 陽一

1. はじめに

平成 25 年 12 月 11 日、道央自動車道の滝川市江部乙町付近の盛土部において、舗装路面上の路肩から走行車線にかけて、最大で長さ約 10m、高さ 10cm 程度の段差が 4 箇所発生した。

幸いにして、交通事故などお客様への被害は発生しなかったが、段差により走行に支障が生じたことから、滝川 IC～深川 JCT 間（旭川方向）で通行止を実施。押え盛土により変状の進行を抑えるとともに、路面の復旧を行い、緊急工事を完了した。

段差発生以前より、孔内傾斜計等による計測を行っていたほか、段差発生後には自動記録機器による計測や地下水の調査を追加したので、その経緯および概要を報告するとともに、仮設対策工としての押え盛土を恒久的な本設レベルに引き上げるべく実施中である本対策工について紹介する。

2. 高速道路建設時の状況

平成元年 9 月 12 日に開通した滝川 IC～深川 IC 間は、石狩川の氾濫原とイルムケップ山群との間に広がる丘陵地に位置し、今回変状の生じた江部乙地区付近では、路線のほとんどが洪積段丘面上に構築されている。これら段丘面上には、数多くの湧水から生じた小河川およびかんがい用のため池が多数みられ、この地区の景観を特徴づけている。

今回変状の生じた地点は、江部乙川右岸の河岸段丘面および舌状に伸びる丘陵部の先端付近にかかる高さ 5～10m ほどの盛土で、小川状の素掘り水路とかんがい用水路を埋めて構築されている（図 2-1）。盛土の材料は、南に約 1km 離れた江部乙バスストップを主として、前後 2km 程度までの切土から発生した粘性土で、ほとんどが粘土（CH）に区分されており、近年では不良土と判定される可能性があるが、当時の品質管理状況を確認すると、土工適期（5～10 月）に施工されており不良土対策として改良等が行われた記録はない。

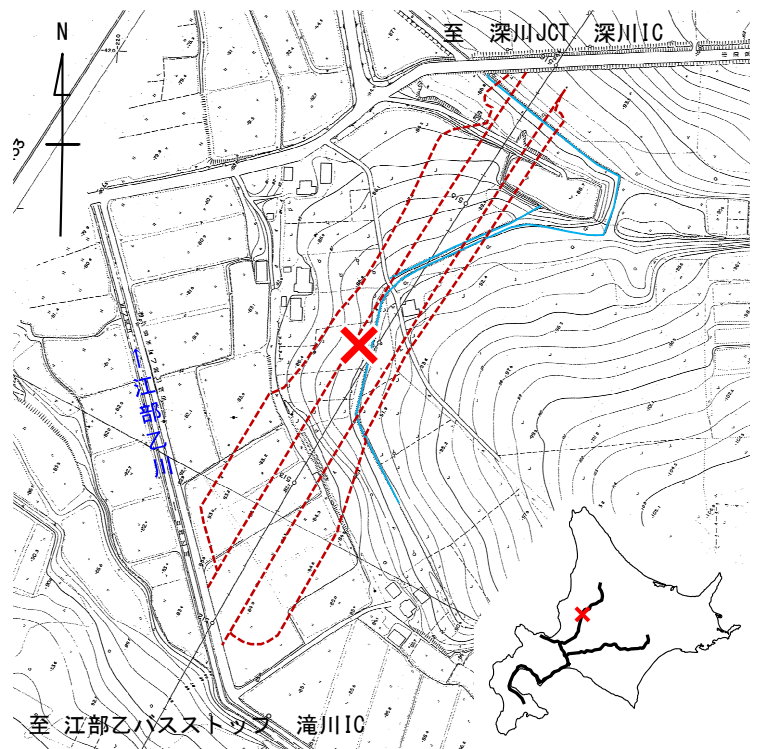


図 2-1 今回段差発生地点および盛土範囲(破線)

3. 段差発生までの経緯

段差発生箇所（N87.0KP 走行車線）における直近の舗装補修工事は平成 22 年に実施されていたが、平成 24 年には路面クラックの発生が認められ、クラック幅が拡大傾向にあることから、平成 25 年 7 月より幅の測定を行ったところ（写真 3-1）、8 月から 9 月の間に 1.1cm と急速な拡大が見られた。その後も同様なペースで拡大を続けたことから、10 月にのり肩部に孔内傾斜測定孔 MK-1 を、11 月には第 1 小段部に同 MK-2 を設置し変位を観測したところ、MK-1 の深さ 7.5m 付近および MK-2 の深さ 4.0m 付近で、最大 5mm/5 日の



写真 3-1 H25 年 7 月の路面状況

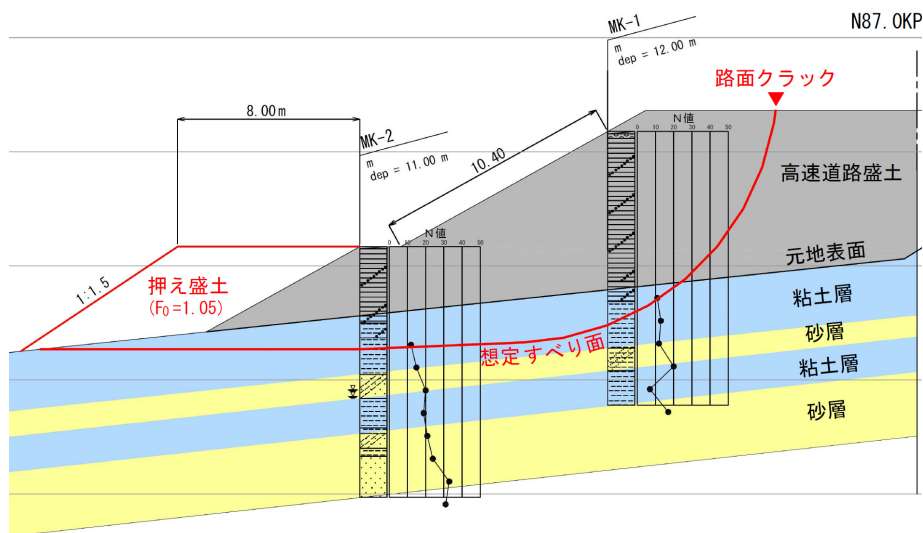


図 3-1 想定すべり面と仮設対策工検討

変位を記録した。2つの傾斜計の変位は、いずれも元地表面から深さ1～2mの粘土層中に発生し、すべりが路面クラック部分に通じて発生しているとして、すべり面を図3-1のように想定した。

NEXCO 土質地質調査要領に基づき、このクラスの変位量が観測された場合は対策の検討を行う段階にあることから、このすべり面に対して、現況の安全率が0.93であると仮定して土質定数等を算定し、安全率1.05を確保するのに必要な押え盛土を検討していたところであったが、12月に大きく変位し通行止に至った。

4. 段差発生および仮設対策の実施

平成25年11月26日から12月2日にかけての降雪によって当該地区周辺では40cm近い積雪となっていたが、段差発生(12月11日)の前日には雨まじりのみぞれが降り、当日の朝までに31mm/24hの降水量を記録し、積雪は20cm以下に減少した。このような状況において、前日夜から路面クラックが急激に拡大し、朝には幅6cm、高さ10cmを超える段差となった(写真4-1)。朝9時から通行止によりお客様の安全を確保した上で、押え盛土の緊急工事に着手したが、路面クラックは押え盛土の施工途中まで変形を続け、夜には幅17cm、高さ22cmに達した(写真4-2)。



写真 4-1 通行止直後の路面状況



写真 4-2 舗装着手前の状況（段差高さ 22cm）



写真 4-3 押え盛土の施工状況



写真 4-4 舗装工事の施工状況

押え盛土（写真 4-3）の施工進捗に伴い変位に収束傾向がみられたことから、23 時頃から舗装工事に着手。舗装が概成し（写真 4-4）、お客様の安全走行が確保された翌 7 時に通行止を解除して走行車線工事規制に移行。ガードケーブル等の復旧を終えた翌 14 時、緊急工事を完了している。その後の翌年 1 月に、融雪期に予想される地下水上昇に対応するため、盛土内に水平ボーリングによる水抜工（L=30m）を 4 本設置した。

なお、押え盛土のための借地交渉の際、地権者から当該区画の西側にある田圃脇に水路を掘ったところすべりが発生したため、木杭を打ってのりを止めた（写真 4-5）との情報が得られた。また、この付近の田圃は特に水はけが悪く収量が低いとのことである。

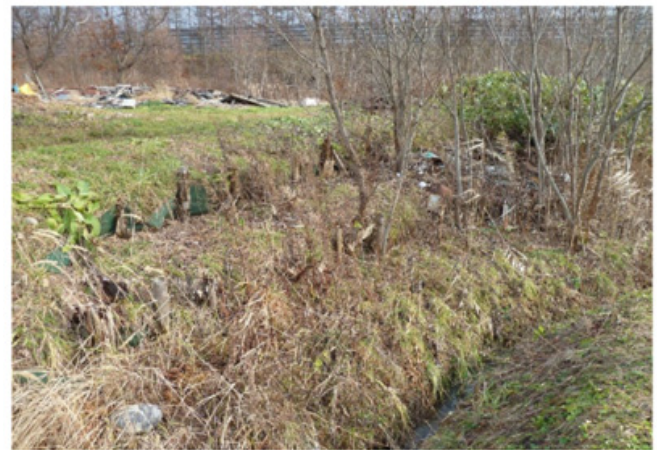


写真 4-5 水路脇のすべり露頭箇所

5. 緊急工事後の計測および調査

孔内傾斜測定孔 MK-1 および MK-2 については、大きく変形して計測不能となったことから、5m ほど離れ

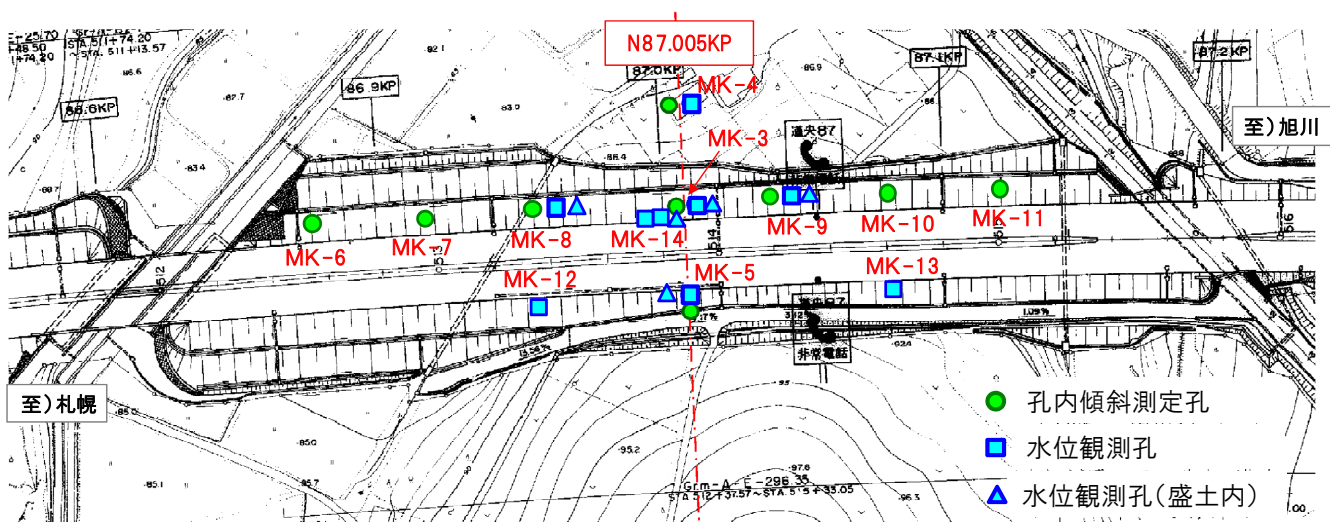


図 5-1 緊急工事後のボーリング調査孔配置

た N87.005KP の、のり面中腹に MK-3、高速道路区域外に MK-4 を設置、孔内傾斜計変位と地下水位を合わせて 1h おきに自動計測する態勢とした。他に変位の範囲、地下水分布を把握するため、約 300m の区間内の上下に追加し、合計で孔内傾斜測定 9 孔、水位観測 14 孔としている（図 5-1）。また、水位観測孔を利用して、現場透水試験や地下水検層試験、水脈の確認のためのイオン分析等の調査も実施している。

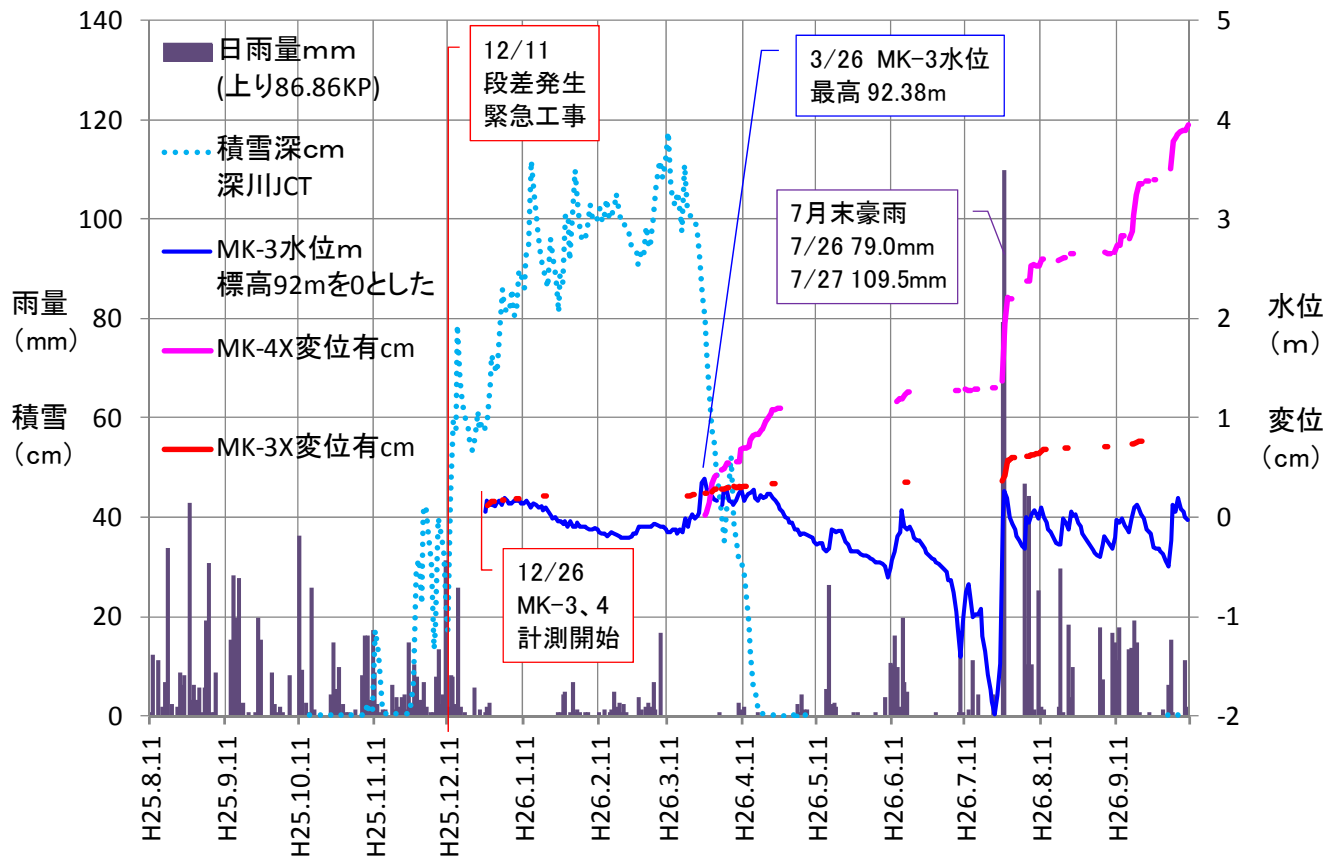


図 5-2 日雨量および積雪深と水位、変位の関係

当該地域における日雨量、降雪深と自動計測の水位、変位の関係を図 5-2 にまとめた。これらにより、

- ・融雪や降雨に呼応して、MK-3 水位が融雪期に+0.5m や 7 月末豪雨の後+2.0m などと大きく上昇する（MK-4 の水位変動は僅かであったためグラフからは省略した）
- ・MK-3 水位が上昇し標高 92m ほどを超えると、MK-3 もしくは MK-4 に変位が生じる
- ・MK-3 に比べ MK-4 の変位量ははるかに大きく、両者の変位発生のタイミングは必ずしも一致しないことがうかがえる。

また、孔内傾斜測定および水位観測で

- ・MK-9、10 で若干の変位がみられる（表 5-1）が、MK-4 ほど大きな変位を示す場所はない
- ・盛土内で掘り止めた水位測定孔の全箇所（図 5-1 の△印）で、盛土内に水位が存在する
- ・MK-3 および MK-14 では元地表下の地盤の水位が他に比べ高い（後述の図 6-1 中の上位砂層水位）

ことが確認されたとともに、現場透水試験により

- ・地表面直下の粘土層は 10 の-9 乗 m/s クラスの不透水層
- ・高速道路盛土内に、10 の-8 乗 m/s クラスのほぼ不透水に近い層

の存在が確認され、地下水検層試験およびイオン分析では、

・盛土内の水と元地表下の地下水は、流動の度合に異なる傾向がある（盛土内の水は停滞している）

・盛土内の水は、冬期間に路面に散布する塩化ナトリウムの影響を強く受けている

ことから、盛土内の水と、元地表下の地下水は別系統の水であることが推測された。

6. 本対策工の検討および実施

これらの計測および調査結果を基に、本対策工の検討を行った。本対策工の検討に際しては、

- ・仮設押え盛土が安全率 1.05 で設定されているのに対し、本対策工は安全率 1.20 の確保を目標とする
- ・地表から深さ 1～2m にすべりやすい層が想定されるため、極力地すべりを誘発しない工法とする
- ・初冬期、終冬期の融雪による地下水位上昇に対応するため、冬までに基本的な対策を施工する

ことを条件とした。工法選定にあたっては、効果、費用、高速道路ご利用のお客様への影響などを考慮して総合的な評価を行った。その結果、現況の仮設押え盛土は撤去し、抑止杭工で目標の安全率を確保、地下水排除工で地下水位を低下させ、盛土の安定を図ることとした（図 6-1）。

抑止杭工はくさび杭として設計し、鋼管杭を採用した。地下水排除工については、上流側から地中を通して供給される地下水を排除・遮断するため、まず最初に上り線側の、のり尻に設置するトレンチ工を設置することとした。トレンチは水位観測による地下水分布状況から、最深部で 6m 近くの深さが必要であるため、開削せずに地中に砕石壁を構築できる函体ドレーン工法を用いることとした。ここまでの、冬前に施工する基本的対策とし、水抜きボーリング工や集水井工などの更なる地下水排除工については、今冬末の融雪期の水位動向を確認してから、必要に応じて追加を検討することとした。

表 5-1 7・8 月の大雨の前後の傾斜計変位

測定孔	深度	方向	7/10～8/7 の変位
MK-3	7.5m	X	2.8mm
MK-4	1.5m	X	12.6mm
MK-9	7.5m	X	2.1mm
MK-10	7.5m	X	1.0mm
その他	—		測定誤差程度

※X 方向：道路横断面上で上り線→下り線側に動く向き

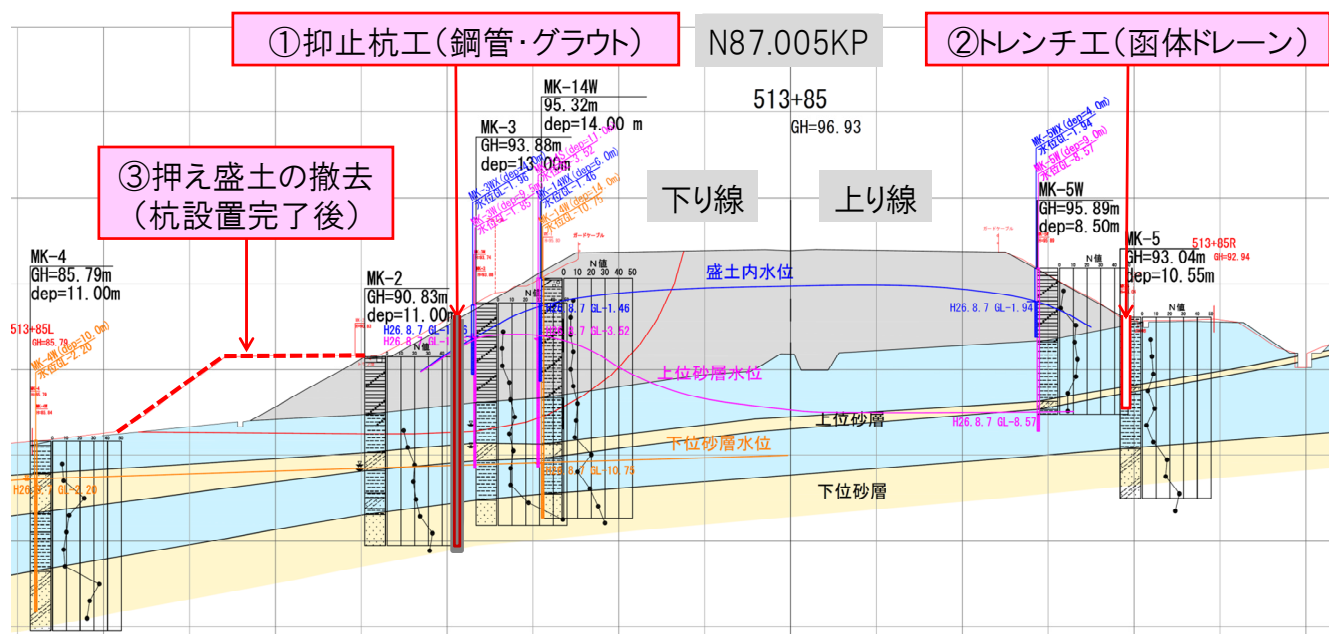


図 6-1 地質・水位横断面図と本対策工の概要

これら、本対策工については現在施工中であり、施工完了後も孔内傾斜計による変位測定や水位観測を続け、対策工の効果を見極めるとともに、計測結果が想定している動向と異なる場合や、対策工が十分な効果

を発揮していないと判断されるときは、早急に対策を施していかなければならない。

7. まとめ

①当該地域は湧水に富んだ地形地質であり、いたるところに湿地が見られる。これらの湿地や素掘り水路、かんがい用水路を埋める形で高速道路盛土が構築されていることから、これが水源や水みちとなって、湧水や地下水を盛土内に引き込んでいる可能性がある。

②近傍の切土から発生した粘土（CH に区分）を材料として盛土の路体部分が構築されており、転圧・締固めにより透水性が悪くなっている。このため、良質材が使われている路床部分から浸透した雨水が、路体に阻まれて流下出来ず、路床内や、路体の部分的に透水の良い場所などに留まってしまうことが想定される。

③当該盛土の東側の丘陵は広大な麦畑になっており、この集水面積分の降雨や融雪が表土に浸透、粘土層の上を流れて地下水脈となり、これらが地形地質により集まって、周辺一帯の地下水位を局所的に押し上げるものと考えられる。特に初冬期や終冬期は、気温が低いうえに日射量が少ないため、土中の水分の蒸発が期待できず、更に、降雪により含水比が高くなる場合があることから、この傾向が顕著に現れる。

④この付近一帯の地表面から深さ 1～2m に、すべりやすい土質の層があり、危険側になる方向で重量物を載せたり、地形改変を行うと、その層からすべり面が発生する。

⑤高速道路盛土内の水が①～③の作用により増え、重さを増すと、④のすべり面に沿って変位が生じる。この時、飽和した水が高速道路盛土から仮設の押え盛土にも浸潤し、MK-4 を同様のメカニズムで変位させていると推測される。

⑥仮設の押え盛土が起因となって、MK-4 に大きな変位を起こしていることが想定されるため、本対策として押え盛土を増強することは副次的すべりを誘発する方向になる。抑止杭で変位を押え、水位の上昇を抑制すべく地下水排除工を組み合わせる施工するのが最適である。

8. おわりに

今回の段差発生は、高速道路盛土内部から元地表下の地盤にかけて発生したすべりに起因しており、地下水の動向が引き金となって、変状が急激に拡大したと考えられるが、個々の現象に着目すると、盛土内に常に水位を生じさせる程の水の供給元が果たして降雨だけであるのか？ 下りのN87.0KP付近にのみ発現する、元地表下の水位がこれほどに上昇して観測される理由は何か？ 開通から 24 年の間に記録的大雨に見舞われた年もあったにもかかわらず、日降雨の最大が平年を下回る程のこの年になぜ変状を生じたのか？ など、不明な点が多々あり、地下水検層試験結果の更なる考察や、透水係数の分析、その他違った視点からの推察を、更に進める必要があると考える。

参考文献

- 1) 道央自動車道（岩見沢～鷹栖）江部乙地区土質他調査総括報告書 日本道路公団 札幌建設局 滝川工事事務所 昭和 59 年 3 月
- 2) 北海道における不良土対策マニュアル 独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チーム 平成 25 年 4 月
- 3) 高木、横田、菅、安田、太田：東名牧之原地区における盛土のり面災害の実態 第 55 回地盤工学シンポジウム論文集 平成 22 年 10 月
- 4) 新版 地すべり鋼管杭設計要領 (社)日本地すべり学会 (社)斜面防災対策技術協会 平成 15 年 6 月

盛土防災点検の概要

北武コンサルタント株式会社 日下田 貴男
北武コンサルタント株式会社 対馬 一男

1. はじめに

道路の防災のために全国一斉に実施する総点検は、昭和 43 年 8 月に起きた飛騨川バス転落事故を契機として開始され、平成 8 年には道路防災総点検要領を作成し実施された。その点検において道路管理上注意を要する災害の可能性のある箇所については、防災カルテを作成し日常管理を行ってきた。

本稿では道路防災点検のうち、盛土について点検要領等を紹介する。

2. 道路防災点検の歴史

昭和 38 年に一般国道 56 号で発生した土砂崩落事故の最高裁判決が昭和 45 年に示された。この判決では、道路管理者は災害危険箇所を把握して危険性を除去することと、危険が予想される場合には通行止めの措置を行う必要があったことが指摘された。この裁判の係争中の昭和 43 年に 104 名が死亡した飛騨川バス転落事故が発生した。これらの災害を契機として、道路防災点検の実施と事前通行規制が行われるようになった。

道路防災点検は、表-1 に示すように昭和 51 年の第 5 回から平成 8 年度の第 9 回までは、およそ 5 年間隔で実施されてきた。平成 2 年度の道路防災点検では、定量的に斜面の安定度を評価する手法が導入された。平成 8 年度の道路防災点検は、同年 2 月に発生した豊浜トンネルの事故の経験を踏まえて、全ての道路を対象とした「道路防災総点検」として実施された。平成 18 年度点検は、過去 10 年間のカルテ点検等既存の点検結果を活用しつつ、道路災害の発生状況等を踏まえて、危険箇所を再確認することを目的に実施された。

点検の契機となった災害と、過去に実施された主な点検概要を以下に記す。

■昭和 38 年 国道 56 号土砂崩落事故

■昭和 43 年 8 月 国道 41 号飛騨川バス転落事故

■昭和 45 年 8 月 国道 56 号最高裁判決

道路防災点検の実施と事前通行規制。

昭和 51 年から平成 8 年までは 5 年間隔で実施。

■平成 8 年 2 月 国道 229 号豊浜トンネル崩落事故

全ての道路を対象に「道路防災総点検」を実施。

平成 18 年度に危険箇所の再確認。

Takao HIGETA, Kazuo TSUSHIMA

〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目 4 番 7 号 北武第 2 ビル TEL:011-851-3181, FAX:011-851-4329

表-1 道路防災点検の歴史

回数	実施時期	対象道路	点検対象項目	点検実施の主な要因・契機 その他
第1回	昭和43年9月	直轄国道		一般国道41号飛騨川バス転落事故(S43.8.18)104名死亡
第2回	昭和45年10月	一般国道 都道府県道 主要な市町村道		最高裁の一般国道56号土砂崩落事故の判決(S45.8.20)
第3回	昭和46年7月	一般国道 都道府県道 主要な市町村道 高速自動車国道 首都高速道路 阪神高速自動車道 有料道路(JH)	落石、雪崩、 盛土のり面崩落、石積擁壁、 地すべり、洗掘、 橋梁、トンネル、 その他	一般国道150号静岡市大崩海岸岩石崩落事故(S46.7.5)1名死亡
第4回	昭和48年10月	一般国道 都道府県道 主要な市町村道	同上	第3回点検結果の見直し
第5回	昭和51年7月	一般国道 都道府県道 主要な市町村道 高速自動車国道 首都高速道路 阪神高速自動車道 有料道路(JH)	落石(土砂崩落、沢崩れ)、 盛土切土のり面、 擁壁、地すべり、 橋梁(洗掘のみ)、 トンネル、雪崩 その他	沿道状況の変化に対応
第6回	昭和55年3月	一般国道 都道府県道 主要な市町村道 高速自動車国道 首都高速道路 阪神高速自動車道 有料道路(本四)	のり面、斜面(落石、崩壊、地すべり、雪崩)、溪流、 盛土のり面、擁壁、 橋梁(54 震災点検対象外の橋梁の洗掘)、 その他	沿道状況の変化に対応
第7回	昭和61年9月	同上	のり面、斜面(落石、崩壊、地すべり、雪崩)、盛土、 溪流(土石流)、擁壁、 橋梁(61 震災点検対象外の橋梁の洗掘)、 地吹雪(吹溜り)、その他	沿道状況の変化に対応
第8回	平成2年9月	同上	落石、崩壊、岩石崩壊、地すべり、土石流、雪崩、盛土、擁壁、 橋梁(橋梁基礎洗掘)、 地吹雪、落石覆工(洞門工)、 トンネル、その他(降雨、波浪、漏水等)	一般国道305号玉川地先(越前海岸)岩石崩落事故(H1.7.16)15名死亡 ※予定を1年繰上げて実施 安定度調査表の導入、「防災点検ガイドブック(案)」(H2.9)にもとづいて実施
第9回	平成8年8月	一般国道 都道府県道 主要な市町村道 高速自動車国道 首都高速道路 阪神高速自動車道 有料道路(本四)	落石・崩壊、岩石崩壊、地すべり、雪崩、土石流、盛土、地吹雪、 橋梁基礎の洗掘、擁壁、その他	「一般国道229号豊浜トンネル崩落事故」(H8.2.10)20名死亡、という大きな災害の経験を踏まえた点検の基本からの見直し ※防災カルテ点検の導入 「平成8年度道路防災総点検要領(豪雨・豪雪等)」(H8.8)にもとづいて実施、講習会開催
第10回	平成18年9月	一般国道(指定区間)、高速自動車国道、首都高速道路、阪神高速自動車道、有料道路(本四)	同上(ただし、事務連絡では「地吹雪」についての再確認点検は指示されていない) ※「岩石崩壊」を「岩盤崩壊」に名称変更	前回点検から10年が経過したことによる危険箇所の再確認のための点検 ※事務連絡の参考資料「点検要領」(H18.9)にもとづいて実施、「平成18年度道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等)」(H19.9)に掲載、講習会開催

道路防災点検の手引き(豪雨・豪雪等)(道路保全技術センター、平成21年5月)

3. 点検対象項目

点検を実施する点検対象項目は、以下の8項目である。

- ① 落石・崩壊
- ② 岩盤崩壊
- ③ 地すべり
- ④ 雪崩
- ⑤ 土石流
- ⑥ 盛土
- ⑦ 擁壁
- ⑧ 橋梁基礎の洗掘

4. 盛土の防災点検要領

(1)机上調査

高さ5m以上の盛土で、次の①～③の条件に一つでもあてはまるものを、点検を実施する必要がある箇所として道路台帳から抽出する。

- ① 立地条件
 - a) 地すべり地形
 - b) 集水地形
 - c) 崖錐地形
 - d) 急斜面上
 - e) 前面に河川がある
 - f) 谷底低地
 - g) 埋め立て地
 - h) 干拓地などの人工造成地盤
 - i) 軟弱地盤
 - j) 橋梁取付部
- ② 排水施設に問題が認められる箇所。
- ③ 盛土のり尻からの盛土高が10mを超える盛土で、盛土のり尻近傍に民家や避難施設等が存在する箇所。

その他に過年度点検における要対策箇所のうち、対策未了箇所や災害が発生した箇所も対象とする。

(2)一次点検

机上調査により抽出された箇所を現地で確認する。

(3)二次点検

「箇所別記録表」(表-2)および「安定度調査表」(表-3)、「現状記録写真」(表-4)を作成し、現地調査にて総合評価を行う。被災履歴がある場合は、「被災履歴記録表」(表-5)に被災状況を記載する。

表-2 箇所別記録表

樣式—3
箇所別記錄表(盛土)

[illegible]

	年 度
	課 目

調査項目	判 定	備 考
1 地山特異的で集水地帯上に形成された産土		
2 産土の山肌から削った産土層が10m程度を上回る産土	○	
3 産土の山肌近辺に浸食や溜溜地帯が存在する産土	△	
根幹排水管への基本地帯から流入する排水の状況		
4 降雨時に土砂が集中して排水は管を閉塞する可能性がある	○	

表-4 現状記録写真

[illegible]

表-5 被災履歴記録表

樣式-16 被災履歴記錄表

[illegible]

5. 二次点検のポイント

(1)変状

構造的なクラック，開口亀裂，のり面下部の洗掘.

(2)基礎地盤

地すべり・クリープ，軟弱地盤.

(3)盛土材

風化進行の速いもの.

吸水すると強度低下するもの.

(4)地下水・表面水の影響

浸透によるのり肩部のすべり.

表面水によるのり面の洗掘.

(5)溪流の状況

横断排水施設呑口の埋塞による排水能力の低下.

(6)河川水・波浪の影響

水衝による浸食.

横断排水施設吐口の冠水による排水能力の低下.

6. 点検上の留意点

(1)特に注意が必要な盛土

- ① 地山傾斜地で集水地形上に造成された盛土.
- ② のり尻からの盛土高が 10m を超える盛土.
- ③ のり尻近傍に民家や避難施設等が存在する盛土.

(2)点検時の着目点

- ① 湧水や変状の有無.
- ② 水路の沈下，変形，目地の開きの有無.
- ③ のり留め擁壁の変形の有無，排水性の良否.
- ④ 横断排水管に土砂流入する可能性.
- ⑤ 盛土材料や地形で間隙水圧が上昇する箇所.

7. おわりに

全国各地で豪雨に伴う土砂災害や落石災害が発生しているが，盛土崩壊による道路災害に対しても警戒心を保ち，普段から定期点検やパトロールを地道に継続していくことが不可欠である．尊い人命を守るために防災点検の重要性を認識するとともに，道路を頻繁に利用する日常生活においても，利用者が道路の異常や変状を察知して通報の必要性を感じる意識を植え付けることが，今後期待されることではないかと考える．

参考文献

- | | | |
|------------------------------|---------------|-------------|
| 1) 道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等） | （財）道路保全技術センター | 平成 21 年 5 月 |
| 2) 平成 8 年度 道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕 | （財）道路保全技術センター | 平成 8 年 8 月 |
| 3) 防災カルテ作成・運用要領 | （財）道路保全技術センター | 平成 8 年 12 月 |

繰返し注入を用いた地山補強土工法「ロータスアンカー工法」の耐震補強への適用例

ライト工業(株) 高橋 徳 ※1
別府 正顕 ※2
甲斐谷 雅良 ※3

1. はじめに

地山補強土工法は、既存の地山（自然斜面や盛土）の内部に補強材を配置して地山を安定化させる技術であり、既存斜面の安定化や地山を切土して新たな急勾配のり面や鉛直に近い壁面を形成する場合に適用される。また、盛土に適用される事例としては、既設鉄道盛土では耐震補強対策として地山補強土工法が採用され、道路盛土の一部で耐震補強対策が実施されている。

平成 21 年 8 月の駿河湾地震による東名高速道路の盛土崩壊例など、今後予想される首都直下地震や東海地震、南海地震等への対策として地山の補強（耐震補強）が急務となっている。

以上のような背景から、周面摩擦力が得られにくい盛土や崩壊性の地山等、従来では適用が困難箇所に対する地山補強土工法「ロータスアンカー工法（以下本工法という）」を開発した。

本報では開発時の試験で繰返し注入による補強効果の検証と耐震補強への適用例について報告する。

2. ロータスアンカー工法の概要

本工法は、二重管ダブルパッカーによる繰返し注入技術を用いて、中径（マイクロパイリング）の補強体を造成する工法である。

図 1 および写真 1 に示すように、特殊な注入パイプ「インジェクションパイプ」を使用し、ダブルパッカーからグラウトを注入し、繰返し注入することにより、球根状の補強体が築造できる（図 2、写真 2）。また、繰返しの加圧注入が可能のため、補強体が増加し、無加圧の従来工法に比べて、1.5~2.0 倍程度の引抜き耐力が得られる¹⁾。

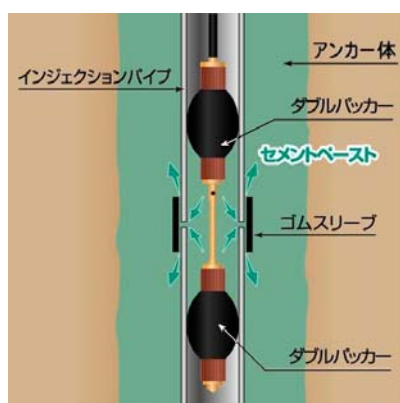


図 1 ダブルパッカー注入模式図

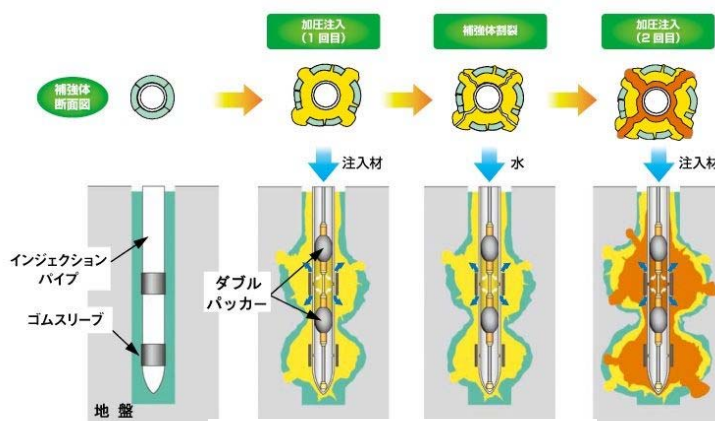


図 2 補強体径増加の概念図

※1 Takahashi Toku 東京都千代田区九段北 4-2-35 Tel03-3265-2454 Fax03-3265-3402

※2 Beppu Masaaki 東京都千代田区九段北 4-2-35 Tel03-3265-2454 Fax03-3265-3402

※3 Kaitani Masayoshi 北海道札幌市中央区北六条西 18-1-7 Tel011-631-6486 Fax011-642-1567

施工に使用する削孔機は、ロータリーパーカッション方式の小型な削孔機を使用するため、硬質地盤や 10m を超える長さにも対応可能である。しかし、過去に斜面や切土のり面での施工実績はあったものの盛土のり面での施工事例がなかったため、繰返し注入による補強体の造成と補強効果について検証した。



写真 1 インジェクションパイプ



写真 2 繰返し注入による補強体の造成例

3. 繰返し注入による補強体造成の検証

既設盛土への適用に際し、使用する部材の仕様決定、注入量と造成される補強体径などを確認した。

通常、地山補強土工法ではグラウトを定量で注入し補強体を造成するが、本工法の特徴である繰返し注入による補強体径の増加を実際の地盤で確認するため、砂質土及び粘性土を 1 層 30cm で転圧し、N 値 7～14 程度に締め固めた人工地盤を造成した。その地盤に繰返し注入を行い、掘り起こしによる補強体の検証と仕様を決定した。試験概要を表 1 に示す。

表 1 試験概要

試験場所	栃木県下野市 ライト工業(株)宇都宮機材センター
試験年月	平成 24 年 10 月～12 月
地盤条件	コーン指数(qc) 1,000～1,800kN/m ² (N 値 7～14 程度) に締め固めた 砂質土、粘性土
埋戻土の条件	1 層 30cm をランマー、プレートで転圧
削孔径	φ 125mm を想定
削孔長	2.0m
補強材	・インジェクションパイプ IP50 ・外径 φ 60.5 ネジ節異形棒鋼 D35 ・グラウトの逸脱防止のため、口元にパッカーを設置

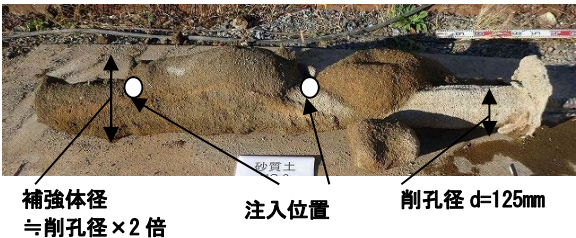


写真 3 補強体の造成 (全景)

異なる地盤条件での補強体の造成状況とインジェクションパイプの注入位置の違いによる補強体の造成状況を確認した。写真 3 に砂質土を例とした場合の補強体の造成状況を示す。

削孔径を φ 125mm と想定した置換注入の後、繰返し注入を行った結果、補強体の最終造成径は平均で削孔径の 2 倍の径を得られることが確認できた。また、繰返し注入の位置は 1m 間隔で十分補強体が造成できることが確認できた。

4. 繰返し注入による地盤への影響および補強効果の検証

試験概要および使用機械を表 2、表 3 に示す。

本試験に先立ち、予備試験を行った。予備試験では地盤変位を計測しながら注入速度を一定として試験を行い、地盤変位と注入量、注入圧力、注入速度の相関を把握することで、本試験における注入仕様の目標値を設定した。本試験では、グラウトの注入量、注入圧力、注入速度以外は予備試験と同条件で行っており、使用機械も同様のものとした。予備試験、本試験ともに地盤変位の計測は、盛土天端に H 鋼による不動点を設置しその不動点に変位計を固定し、データログで変位量を読み込むことで行った。本試験では地盤変位を観

測し、変位量に応じてグラウトの流速、圧力をリアルタイムに制御しながら補強体の造成を行った。

表 2 試験概要

試験場所	東京都国分寺市 (公財) 鉄道総合技術研究所 盛土試験場
試験年月	平成 25 年 5 月～7 月
地盤条件	砂質土 (N 値 4 程度の稲城砂)、粘性土
削孔径	φ 115mm
削孔長	3.0m
補強材	インジェクションパイプ IP50 外径 φ 60.5 ネジ節異形棒鋼 D35、ゲビンデスターブ D32
土かぶり	0.5、1.5、2.0m (砂質土)、3.0m (粘性土)
削孔角度	水平、下向き 20°

表 3 使用機械

名称	規格
削孔機 (ESD-40)	高さ×幅×長さ 1.1m×1.27m×2.73m 重量：490kg
削孔ユニット	高さ×幅×長さ 1.13m×0.8m×1.1m 重量：530kg
インジェクションポンプ	0.05～10MPa
流量計	0～60L/min
ミキサ	200L×2
発電機	60kVA、125kVA

5. 試験結果

予備試験の結果から、繰返し注入の条件として注入速度を 2～5L/min、注入圧力を 1.5MPa 以下と設定し、本試験で、削孔径 (φ 115) の 2 倍の造成径が確保できるグラウト量を 3 回に分けて加圧注入した。地盤変位量の目標値は、鉄道事業者が工事における軌道の変位量の制限値を参考として、目標値を 5mm 以内とした。注入速度、圧力の管理結果例を図 3 に地盤変位計測箇所と変位量の測定結果例を図 4 に示す。

結果は、土被り 1.5m での注入時における地盤変位が累計で最大約 0.8mm の隆起が生じた。

なお、実際の鉄道盛土では軌道荷重が存在するため、本試験は実際よりも地盤変位が起きやすい条件下での試験である。これらの条件を考慮すると、今回の試験結果は、土被り 1.5m でロータスアンカーを打設する場合、地表面の変位を計測するとともに、注入速度と注入圧力を制御しながら施工を行うことで、鉄道軌道下においても十分に適用可能であることを示している。

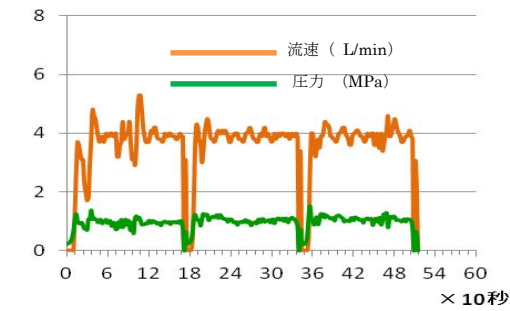


図 3 繰返し注入時の流速と圧力管理結果



写真 4 引抜き試験状況

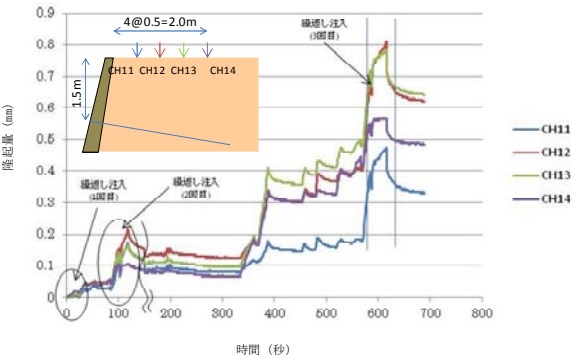


図 4 繰返し注入時の盛土変位量

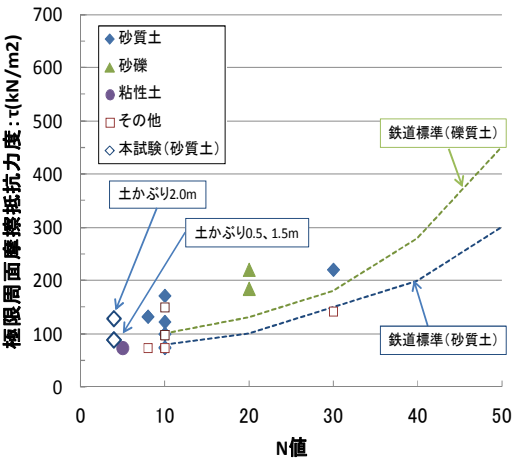


図 5 極限周面摩擦抵抗力度と N 値の関係

本工法は、図 2 に示すように加圧注入により補強体を造成するため、補強体の造成径が一定とならず、周面摩擦力抵抗力度の評価も課題であった。本工法は繰返し注入型グラウンドアンカーの注入方法を応用したものであり、引抜き試験の実績¹⁾によれば補強体の造成径は概ね削孔径の 2 倍程度である。この試験実績および本試験の引抜き試験結果（砂質土）から得られた極限周面摩擦抵抗力度 τ と土質の違いおよび N 値との関係をまとめたものを図 5 に示す。なお、本試験の極限周面摩擦抵抗力度も補強体の造成径を削孔径の 2 倍として算出している。この結果を鉄道標準³⁾における地山補強土の摩擦抵抗の推定値と比較すると、試験結果の方が推定値よりも上回っており、ロータスアンカーの補強体径が削孔径の 2 倍と想定して鉄道標準の推定値を採用して設計を行っても安全側の評価となることを示している。

6. 現場における極限引抜き試験

既設道路盛土のり面における耐震補強対策に適用した事例を紹介する。

西日本地区の道路でトンネル坑口およびトンネル上部のり面、道路擁壁等に変状が認められた（写真 5）。調査結果では、変状の原因は表流水および地下水に起因するものであり、水位の上昇による盛土の崩壊が懸念されるため、水圧の低減や盛土の変状の抑制等が必要であり、排水機能と盛土のり面の補強が対策として検討された。

しかし、対策としてトンネル上部の盛土補強は杭やグラウンドアンカーでは根入の確保や施工が不可能であり、表 4 に示すように排水性能、施工性、経済性から補強土擁壁と本工法の組合せによる対策工が採用された。

設計では盛土のり面の安定と盛土内の排水を補強土擁壁工により確保し、幹線道路がトンネル直下を通過することから、重要度が高くレベル 2 地震動に対する安全性を確保することを設計の基本方針としている。

表 4 工法比較表

工 法	地盤改良	補強土擁壁+ ロータスアンカー	ボックス延伸+ 盛土安定勾配
盛 土 内 排 水	△	◎	○
対策工の効果	○	○	○
施 工 性	△	○	×
経 済 性	△	○	—
総 合 評 価	△	○	—

表 5 試験概要

工事名	法面補強工事		
施工年月	平成 26 年 5 月~9 月		
地 質	粘性土主体層、礫混じり砂質土主体層の互層（N 値 10 程度）		
勾 配	1：1.5		
対 策 工	ロータスアンカー工	L=12.5m	24 本
	（削孔径φ115mm）	L=13.0m	12 本
	（改良径φ230mm）	L=13.5m	24 本
	（削孔角度 30° ）	L=14.0m	36 本
		合計	1,280m 96 本

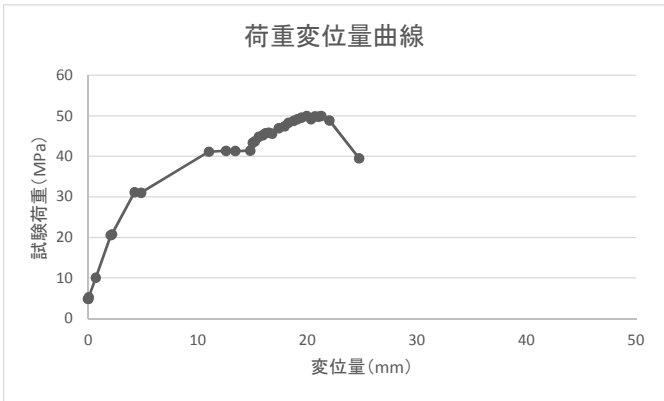


図 6 極限引抜き試験結果



写真 5 施工地全景

工事の概要を表 5 に示す。

工事に先立ち、現場で極限引抜き試験を実施し、設計に用いる τ 値の確認を行った。

試験結果を表 6、試験状況を写真 6 に示す。

極限引抜き試験結果は、設計時に計算で求めた極限引抜き力よりも上回っていて、鉄道標準による推定値の値や開発時に実施した引抜き試験と近似した結果であることから、実際の現場における極限引き抜き試験結果でも補強体が設計どおり造成できていることが確認できた。

また、粘性土の地盤では通常の中径棒状補強土工に比べ、1.5 倍の引抜き強度が得られていることが確認できた。

表 6 極限引抜き試験結果

Case	削孔径 (補強体径) mm	設計時		鉄道標準による推定 値により τ を求めた 場合の極限引抜き力 (N 値 10 の場合)		試験結果			
		極限引 抜き力 (kN)	τ 値 (N/mm ²)	極限引 抜き力 (kN)	τ 値 (N/mm ²)	引抜き試験 結果 (kN)		換算 τ 値 (N/mm ²)	
中径棒状補強土工	115	10.03	0.0139	57.81	0.08	77.3	1.0	0.107	1.0
ロータスアンカー	115 (ϕ 230)	20.07	0.0278	115.61	0.08	122.5	1.6	0.170	1.6



写真 6 極限引抜き試験状況



写真 7 施工状況

7. まとめと今後の展望

繰返し注入を用いた補強土工法である「ロータスアンカー工法」を新たに開発し、既設盛土・切土などへの適用を想定した試験を実施し、既設道路盛土のり面の耐震補強工事を施工した。試験結果の仕様で施工を実施することにより、所定の品質を確保しうることを確認した。

今後、首都直下地震対策をはじめとする災害に対する既設土構造物の耐震対策が急務となっている。しかし、線状構造物の既設盛土では、調査ボーリング等の地中状況の把握が十分に行えないため、地山補強土工を実施する際に、想定外に巨礫が混在して施工障害となることがある。また、都市部の鉄道盛土は、住宅が近接し十分な施工ヤードが確保できないなど施工上の制約も多い。このような施工条件下において本工法は、補強材径の造成が削孔径に依存しないため、軽量の打撃機能を有した削孔機で施工でき、前述の諸問題に対

応が可能である。

今後は、現場での施工を通してさらなる工法の改良・改善を行ない、現在進められている「災害に強い国づくり」の後押しとなるよう推し進めていきたいと考える。

参考文献

- 1) (一財) 土木研究センター：RSI グラウンドアンカー建設技術審査証明報告書,平成 23 年 6 月
- 2) (公社) 地盤工学会：地山補強土工法設計・施工マニュアル,平成 23 年 8 月
- 3) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土留め構造物, 2012.

『積雪寒冷地における斜面点検』のコツ（参考資料）

土木研究所寒地土木研究所○日下部祐基 倉橋稔幸

株式会社ドーコン 山真典 宮田善郁

1. はじめに

北海道に限らず全国では、依然として道路等に隣接する斜面で崩落が発生していることから、斜面点検・評価の精度向上に努める必要がある。道路斜面災害の発生を未然に防止するためには、災害発生の素因や誘因を適確に把握し、事前に点検・評価して必要な対策を施すことが重要である。そのためには、過去の道路斜面災害事例を多数収集し、災害発生の素因や誘因を分析することが有効^{1),2)}である。

ここでは、道路防災点検等で特に注意すべき事項や想定が困難な災害要因、点検実施以降に変化が生じやすい事項等について補足することを目的として、過去の斜面災害データをもとに『積雪寒冷地における斜面点検』のコツをつかむための参考資料（以下、参考資料）を作成した。参考資料は、昭和56年(1981)から平成25年(2013)までに道内で発生した552件の斜面災害の内、落石、崩壊、岩盤崩壊の事例分析(462件)の結果をもとに、斜面防災で有効とみられる知見を抽出して着目すべき箇所、および留意すべき事項をとりまとめたものである。参考資料の特徴として、道路管理者や道路維持業者など専門技術者以外の関係者にも扱いやすいように配慮したことや、積雪寒冷地の特徴や北海道の地形地質に対応した地域特性を加味したことなどが挙げられる。

2. 『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料

(1) 用途

- a. 臨時点検（緊急または概略的な点検）、平常時日常点検（道路パトロール等）およびそれらの計画立案
・「防災カルテ」が作成されていない箇所を含めた緊急または概略的な点検等で、着目すべき観察のポイントや留意事項をまとめる際の参考とする。
- b. 平常時定期点検（防災カルテ点検等）
・点検時に特に注意すべき事項や、点検実施以降に変化が生じやすい事項等を補足する。

(2) 既存要領との関係

- ・『北海道における道路防災点検の運用と解説（案）』³⁾等を補足するものである。

3. 構成

参考資料は、【落石編】【崩壊編】【岩盤崩壊編】の3編から構成されている。また、各編は以下の章立てになっている。

1. 道内で発生した「落石、崩壊、岩盤崩壊」に関する基礎的データ
2. 点検の計画に関わる留意事項
3. 現地点検において着目すべき箇所
4. その他の留意事項（【落石編】【岩盤崩壊編】）

4. 「点検の計画に関わる留意事項」について ―どの項目をいつどのように対応すればよいか―

各編第2章では、「点検の計画に関わる留意事項」をとりまとめた。ここでは、各留意事項について、留意すべき状況（豪雨時か融雪時かなど）、点検以外に関連する対応を整理した（表4-1）。

表 4-1 「点検の計画に関わる留意事項」と留意すべき状況等

各編第2章の「点検の計画に関わる留意事項」			留意すべき状況					点検以外に関連する対応		
			融雪期	豪雨・台風	地震後	初冬期	厳冬期	応急対策	通行規制	道路パトロール
落石	「誘因」の特徴を踏まえた点検計画	降雨		○						
		融雪	○							
		凍結融解	○				○			
		地震			○					
	経時変化の追跡		○	○	○	○	○			
	落石の突発性							○		
	植生が繁茂していない時期の点検		○			○				
	融雪期点検の時期		○							
崩壊	「誘因」の特徴を踏まえた点検計画	降雨		○						
		融雪	○							
		地震			○					
	経時変化の追跡		○	○	○	○	○			
	地山状況が激的に変化した事例		○	○	○	○		○	○	○
	集中豪雨の増加			○					○	
	集中豪雨に伴う土砂流出			○					○	
	建設後1～2年以内の崩壊		○	○						○
	点検後1～2週間で進行した事例									○
	融雪期点検の時期		○							
岩盤崩壊	「誘因」の特徴を踏まえた点検計画	地震			○					
		降雨		○						
		凍結融解	○				○			
		融雪	○							
	経時変化の追跡		○	○	○	○	○			
	ランクⅢ、スクリーニング対象外の箇所 の点検		○			○				
	豪雨発生から崩壊までの遅延			○					○	○
	地震発生から崩壊までの遅延				○					○

5. 「現地点検において着目すべき箇所」について ーどの項目をいつどのように対応すればよいかー

各編第3章では現地観察において「現地点検において着目すべき箇所」をとりまとめた。ここでは、各「着目すべき箇所」について特に関連が強い状況を整理した（表5-1～5-3）。

表 5-1 「着目すべき箇所」と対応が必要となる状況（落石編）

「着目すべき箇所」	臨時点検 (緊急または概略的な点検) ・ 平常時定期点検 (防災カルテ点検等)			平常時日常点検 (道路パトロール等)			
	融雪期	豪雨 ・台風	地震後	通常	融雪期	豪雨 ・台風	地震後
着目すべき地形箇所	○	○	○				
過去の落石履歴箇所	○	○	○	○	○	○	○
応急対策中の箇所	○	○	○	○	○	○	○
根返りを伴う倒木箇所		○				○	
大型動物が生息する斜面	○				○		
待受式対策工（等）の背面の残雪 ー残雪上のオーバーロールー	○				○		
対策工の変状・破損箇所	○	○	○	○			
雪崩覆道上の落石	○	○	○			※1	※1
強風の影響を受けやすい箇所		○					

※1 平常時日常点検（道路パトロール等）では観察が困難な場合が想定されるが、状況によっては当該箇所の確認が望ましい。

表 5-2 「着目すべき箇所」と対応が必要となる状況（崩壊編）

「着目すべき箇所」	臨時点検 (緊急または概略的な点検) ・ 平常時定期点検 (防災カルテ点検等)			平常時日常点検 (道路パトロール等)			
	融雪期	豪雨 ・ 台風	地震後	通常	融雪期	豪雨 ・ 台風	地震後
着目すべき地形箇所	○	○	○				
過去の崩壊履歴箇所	○	○	○	○	○	○	○
応急対策中の箇所	○	○	○	○	○	○	○
湿地性植物の多い斜面	○	○					
切土された集水斜面	○	○			○	○	
遷急線より上位の土地利用状況 (その１)－地表面水の流入－	○	○				※1	
遷急線より上位の土地利用状況 (その２)－保水性の低い牧草地－	○	○				※1	
根返りを伴う倒木が多い斜面		○				○	
待受式対策工背面の残雪 －残雪上のオーバーフロー－	○				○		
道路より谷側の斜面（その１） －海岸侵食－		○				※1	
道路より谷側の斜面（その２） －河川洗掘－		○				※1	
雪崩覆道上の崩壊土砂	○	○	○			※1	※1
排水設備の破損・機能不全箇所	○	○		○			
表層保護工の周囲部からの崩壊	○	○	○			○	○

※ 平常時日常点検（道路パトロール等）では観察が困難な場合が想定されるが、状況によっては当該箇所の確認が望ましい。

表 5-3 「着目すべき箇所」と対応が必要となる状況（岩盤崩壊編）

「着目すべき箇所」	臨時点検 (緊急または概略的な点検) ・ 平常時定期点検 (防災カルテ点検等)			平常時日常点検 (道路パトロール等)			
	融雪期	豪雨 ・台風	地震後	通常	融雪期	豪雨 ・台風	地震後
着目すべき地形箇所	○	○	○	※1			
不連続構造	○	○	○				
岩質の変化　－風化・変質－	○	○	○				
白色鉱物脈	※2						
脚部侵食	○	○	○				
軟岩の急崖斜面	※2						
浅海底地形	※2						
湧水	○	○			○	○	
雪崩覆道・落石覆道上の岩塊	○	○	○	※2			

※1 平常時日常点検（道路パトロール等）では観察が困難な場合が想定されるが、状況によって当該箇所の確認が望ましい。

※2 防災点検のスクリーニング、安定度調査等の危険箇所抽出時において着目が望ましい事項。

6. 分析に使用した事例

北海道で発生し記録された貴重な災害事例を活用して、今後の斜面防災に向けた取り組みに有効な知見を得ることを目的とし分析を行った。分析のために収集した斜面崩壊等の事例は次の2点のうちいずれかに該当するものである。

- ① 道内で発生した斜面崩壊等の事象のうち、道路管理者やコンサルタントが調査し資料としてとりまとめたもの
- ② 道内で発生した斜面崩壊等の事象のうち、文献等で調査結果が公表されているもの

なお、分析は前述の道内で発生した崩壊等の552事例（内、落石、崩壊、岩盤崩壊の事例：462件）について行った。主要な区分によるデータ件数は、表6-1の通りとなっている。

表 6-1 主要なデータ件数

区分	合計 データ件数
全事例	552 件
「落石」	205 件
「落石」のうち転石型	120 件
「落石」のうち浮石型	85 件
「崩壊」	203 件
「岩盤崩壊」	54 件
「地すべり」	35 件
「土石流」	55 件

7. あとがき

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料は巻末に掲載したので、今後の斜面点検に有効利用していただければ幸いである。国土交通省北海道開発局の関係各位には、災害データ収集に多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高橋幸継、伊東佳彦、阿南修司：北海道における斜面崩壊等の事例分析結果について、第54回北海道開発技術研究発表会、2011.
- 2) 大日向昭彦、日下部祐基、伊東佳彦：北海道の国道斜面における崩壊等の発生誘因分析について、第57回北海道開発技術研究発表会、2014.
- 3) 国土交通省北海道開発局建設部道路維持課、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所：北海道における道路防災点検の運用と解説（案）、2008.10.

参考資料

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料
【落石編】，【崩壊編】，【岩盤崩壊編】

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料

【落石編】

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料【落石編】

目 次

1. 道内で発生した「落石」に関する基礎的データ	1
1.1 「落石」の発生時期	1
1.2 「落石」の発生誘因	2
1.3 「落石」発生箇所の斜面の種類	4
1.4 「落石」発生地点の勾配	6
1.5 「落石」発生箇所の分布	8
1.6 落石発生源の比高と道路への到達度の関係	10
2. 点検の計画に関わる留意事項	11
2.1 「誘因」の特徴を踏まえた点検留意事項	11
2.1.1 降雨	11
2.1.2 融雪	11
2.1.3 凍結融解	11
2.1.4 地震	12
2.2 経時変化の追跡	13
2.3 落石の突発性	14
2.4 植生が繁茂していない時期の点検	15
2.5 融雪期点検の時期	16
3. 現地点検において着目すべき箇所	18
3.1 着目すべき地形箇所	18
3.2 過去の落石履歴箇所	21
3.3 応急対策中の箇所	22
3.4 根曲がりを伴う倒木箇所	23
3.5 大型動物が生息する斜面	25
3.6 待受式対策工背面の残雪 —残雪上のオーバーロール—	28

3.7 対策工の変状・破損箇所	30
3.8 雪崩覆道上の落石	31
3.9 強風の影響を受けやすい影響	32
4. その他の留意事項	34
4.1 人為的誘因（ヒトの接触）	34
4.2 斜面以外からの落石	34

はじめに

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料（以下、本資料）とは、平成 24 年末までに北海道内で発生した 552 件の斜面崩壊等の事例分析の結果をもとに、実際の斜面防災で有効とみられる情報や知見を抽出して斜面防災に活用できる形でとりまとめた参考資料である。

本編はこのうち「落石」に関してとりまとめた。「崩壊」と「岩盤崩壊」は別添資料にとりまとめている。

本資料において、落石は発生形態から「転石型」と「浮石型」に区分して扱った。「転石型」とは土砂や岩石の風化部から礫が抜け落ちて発生したと考えられるタイプ、「浮石型」とは岩盤の露岩部から剥離して発生したと考えられるタイプとした。

1. 道内で発生した「落石」に関する基礎的データ

1.1 「落石」の発生時期

「落石」は、融雪期で特に多いほかは、夏から秋の豪雨を含めほぼ年間を通じて発生している。

【解 説】

「落石」は、転石型、浮石型ともに 4～5 月に多く発生し、この時期に年間総数の半数を占める。ただし、この時期に発生するものに関する誘因については「融雪」に区分される事例は 4 分の 1 に留まっており、ほかの 4 分の 3 は「降雨」、「大型動物の接触」、「経年変化」および「不明」などが占めている。

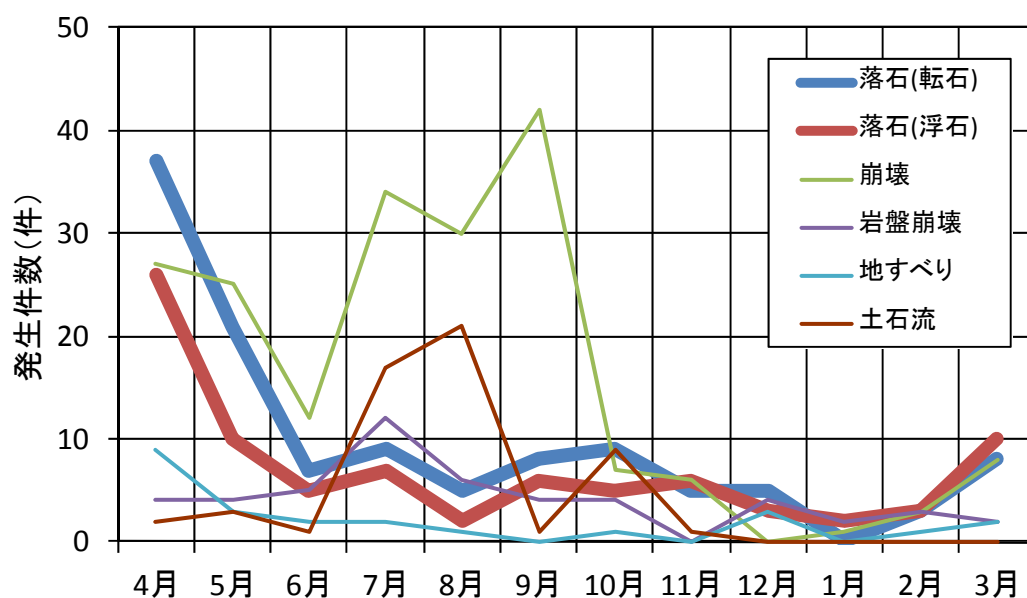


図 1-1 斜面災害の月別発生件数

1.2 「落石」の発生誘因

落石発生の誘因として「降雨」、「融雪」、「大型動物」、「凍結融解」「強風」、「ヒトの接触」など多岐に及ぶほか、明確な誘因が認められず「経年変化」が主要因とみられる事例の割合も高い。

【解 説】

「落石」の発生原因は、地形・地質・斜面表層の状況等の素因と、降雨・融雪・風・地震等の誘因が関与している。

このうち誘因について、「崩壊」の場合は「降雨」によるものが約6割、「融雪」が約2割を占めているのに対し、「落石」の場合は、降雨を誘因としたものが23.4%、融雪16.1%、経年変化が10.7%、大型動物の接触（と疑われるもの）および凍結融解が9.3%、強風およびヒトの接触がそれぞれ3.4%、それ以外では人為的なもの、地震、倒木、雪の滑落となっており多様である。

なお、明確な誘因が認められない状況で発生した「経年変化」が主要因と考えられるものは10.7%、「不明」は全体の20.5%となっている。

表 1-1 斜面崩壊等の誘因

	落石 (転石)	落石 (浮石)	崩壊	岩盤 崩壊	地すべり	土石流	合計	
							[件数]	[比率]
降雨	28	20	124	10	7	53	242	43.8
融雪	21	12	35	5	10	1	84	15.2
経年変化	9	13	5	5			32	5.8
凍結融解	6	13	1	8	1		29	5.3
地震	1	1	8	11	3		24	4.3
大型動物の接触	14	5					19	3.4
人為的なもの	2	1	9	1	1		14	2.5
強風	4	3	1				8	1.4
ヒトの接触	6	1					7	1.3
倒木	2		1				3	0.5
雪の滑落	1						1	0.2
河川浸食				1	1		2	0.4
不明	26	16	18	14	12	1	87	15.8
合計	120	85	202	55	35	55	552	100.0

表 1-2 落石発生誘因

誘因	落石(転石)		落石(浮石)		合計	
	[件数]	[比率]	[件数]	[比率]	[件数]	[比率]
降雨	28	23.3	20	23.5	48	23.4
融雪	21	17.5	12	14.1	33	16.1
経年変化	9	7.5	13	15.3	22	10.7
凍結融解	6	5.0	13	15.3	19	9.3
大型動物	14	11.7	5	5.9	19	9.3
強風	4	3.3	3	3.5	7	3.4
ヒトの接触	6	5.0	1	1.2	7	3.4
人為的なもの	2	1.7	1	1.2	3	1.5
地震	1	0.8	1	1.2	2	1.0
倒木	2	1.7		0.0	2	1.0
雪の滑落	1	0.8		0.0	1	0.5
不明	26	21.7	16	18.8	42	20.5
合計	120	100.0	85	100.0	205	100.0

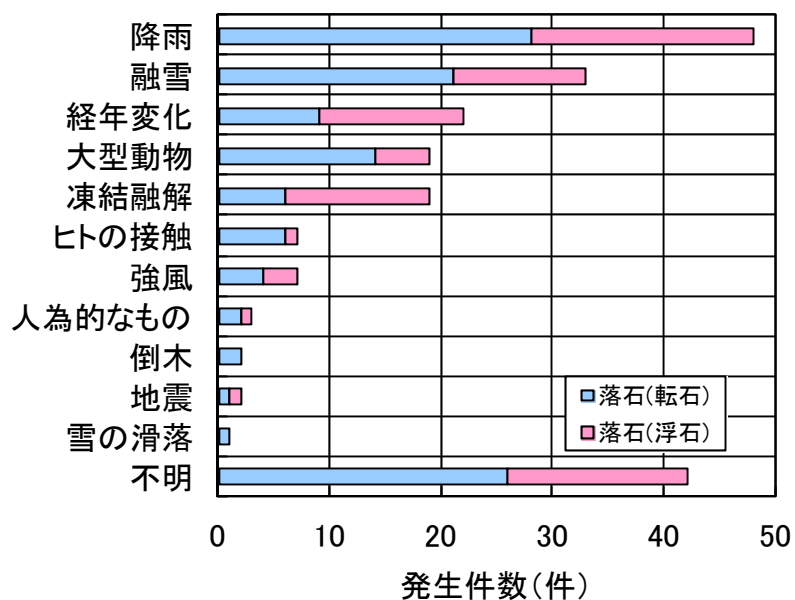


図 1-2 落石発生誘因

1.3 「落石」発生箇所の斜面の種類

「落石」は全体の約 8 割が自然斜面から発生している。

【解 説】

落石の発生形態は、以下の 3 種類に区分される（「落石対策便覧」による）。

- (i) 転石型（抜落ち型）
- (ii) 浮石型（剥離型）
- (iii) その他

「落石」は全体の約 8 割が自然斜面で発生している。自然斜面のうち、転石型は、草本と木本が多く、浮石型は露岩部での発生が多い。また、法面で発生する場合は、ほとんどは表層が草本からなる斜面で発生している。

なお、法面工が実施されている場合でも、自然斜面との境界付近から発生している事例も存在する。

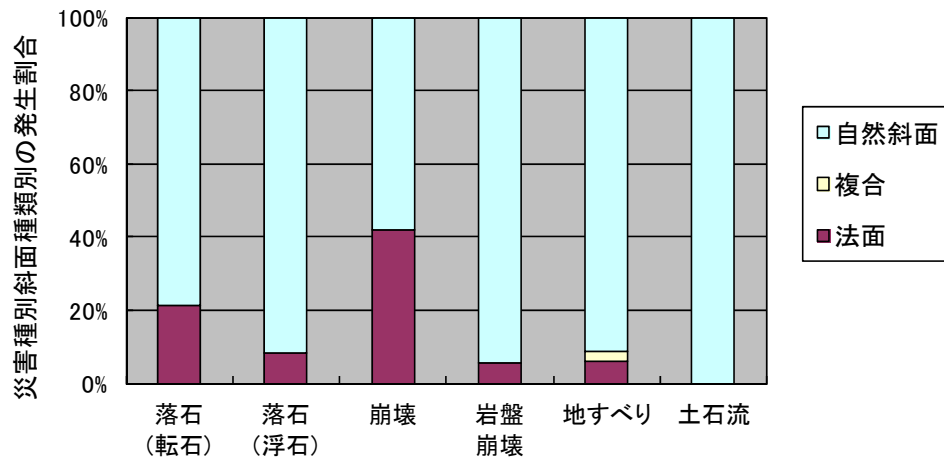


図 1-3 災害種別の「落石」等が発生した斜面の種類

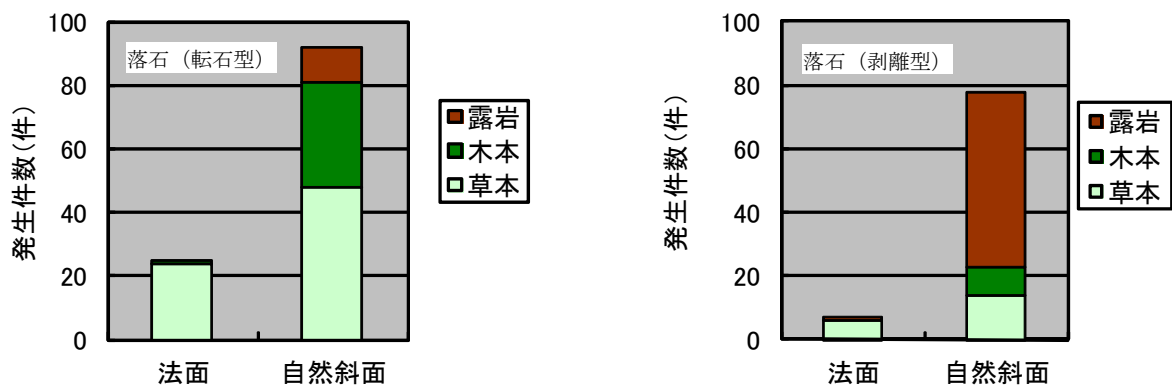


図 1-4 落石発生箇所の斜面状況

■代表的な事例

場 所	函館市古部町
崩壊年月	平成 22 年 5 月
崩壊規模	最大径 40cm。平均径 20cm が計 6 個。
被災状況	現道センターライン付近まで飛散。通行車両が乗り上げてタイヤを破損。
地 形	比高 25～50m、下部は法枠工、上部は草本主体で一部樹木のある自然斜面。
地 質	新第三系または第四系火山砕屑岩（火砕岩）。
発生原因	降雨により転石周辺の土砂を流出させ、落下した可能性が高い。



写真 1-1 法面と自然斜面の境界付近から落石が発生した事例（函館市古部町）

1.4 「落石」発生地点の勾配

落石の発生件数が多い斜面勾配は、転石型は 40～49° で突出して多い一方、浮石型では 40～49° および 70～79° の 2 つのピークがあり、転石型と比較して全体に急勾配箇所が発生している。

【解 説】

発生形態が抜落ちによる「転石型」の場合、発生源の斜面勾配は約 40～49° に集中し平均は 44.1° となっている。一方、剥離による「浮石型」の場合は約 40～79° に及び、平均は 59.6° と急勾配部での発生が多くなる。

また、転石型の発生地点の傾斜は、斜面全体の平均的な勾配と近いのに対し、浮石型については 40～49° のほか 70～79° 付近にもう一つのピークが存在する。すなわち、浮石型の場合は、斜面における平均的な傾斜部よりもやや突出した地形箇所が発生する場合を含むことを示していると考えられる。

なお、いずれの形態においても、斜面勾配が 30° 以下での発生事例は少ない。

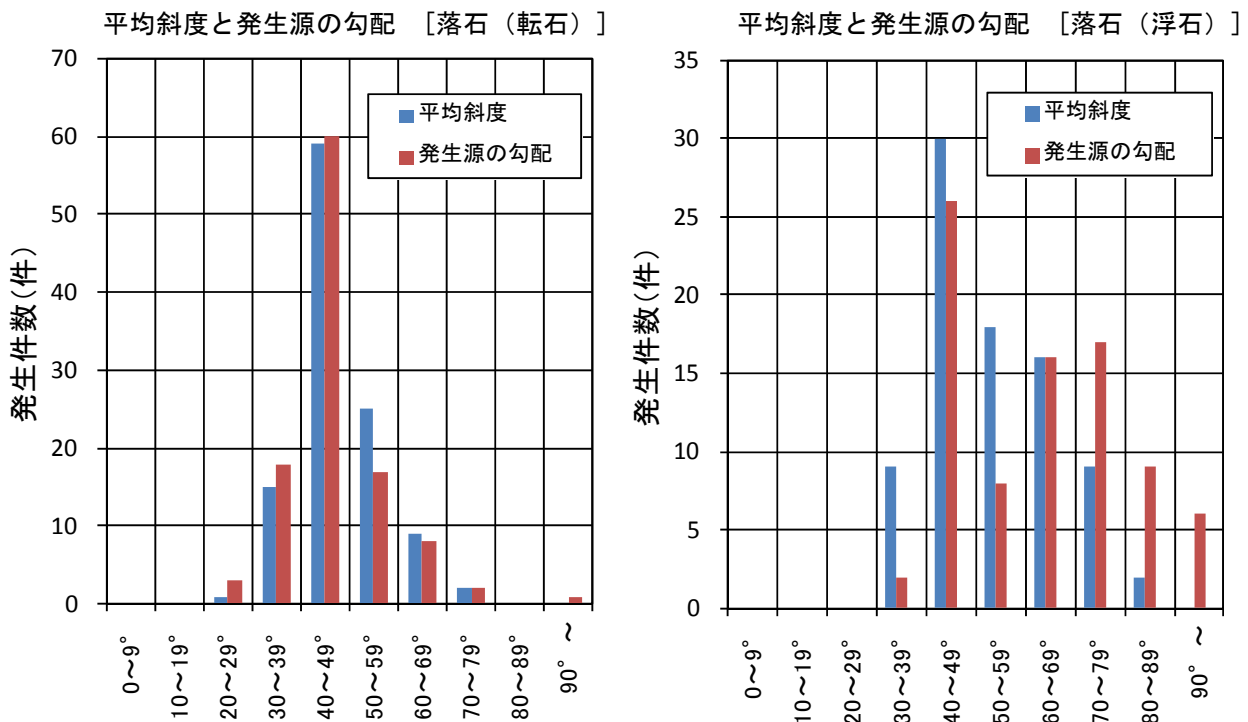


図 1-5 落石の発生地点箇所の勾配および落石が発生した斜面の平均斜度
(転石型と浮石型で比較)

■代表的な事例

① 転石型

場 所	羅臼町
崩壊年月	平成 19 年 6 月
崩壊規模	最大 60cm×40cm×30cm。破片数十個。
被災状況	落石がセンターライン付近まで到達。周辺に破片が飛散。
地 形	下部傾斜 55°、上部傾斜 40～50° の急崖斜面で沢状地形。
地 質	新第三系の安山岩を基盤とし、崖錐堆積物が覆う。
発生原因	・雪崩による沢状地形内の荒廃化。 ・降雨による侵食。



写真 1-2 転石型（抜落ち型）落石の発生源と被災例（羅臼）

② 浮石型

場 所	広尾町
崩壊年月	平成 21 年 3 月
崩壊規模	直径 20～50cm×30 個程度。
被災状況	覆道上部に堆積。
地 形	斜面高さ 80m 程度で小規模な沢地形があり、勾配は 40° 程度。
地 質	先第三系変成岩（ホルンフェルス）。
発生原因	溪床に以前から堆積した礫が雪解けにより不安定になり流出



写真 1-3 浮石型（剥離型）落石の発生源と被災例（広尾町）

1.5 「落石」発生箇所の分布

事例調査における「落石」の報告箇所の地理的な分布をみると、海岸沿いおよび山岳域で多く発生しているが、転石型、浮石型とも特に急崖斜面が続く海岸沿いの路線で多く発生している。

【解 説】

事例調査で「落石」報告箇所の地理的な分布をみると、転石型、浮石型で顕著な差は認められない。また、斜面の多い地域で全体に認められるが、特に小樽管内や石狩～留萌間の日本海側の火山岩・火山砕屑岩からなる急崖斜面域で集中しているほか、胆振の太平洋側、支笏湖畔でも多い。また、内陸部では、一部の峠を除き比較的少ない。

なお、小樽管内の報告件数が特に多いものの、これは「落石」の絶対数が多いとは限らず、事例の記録および報告率の高さが関与している可能性もある。

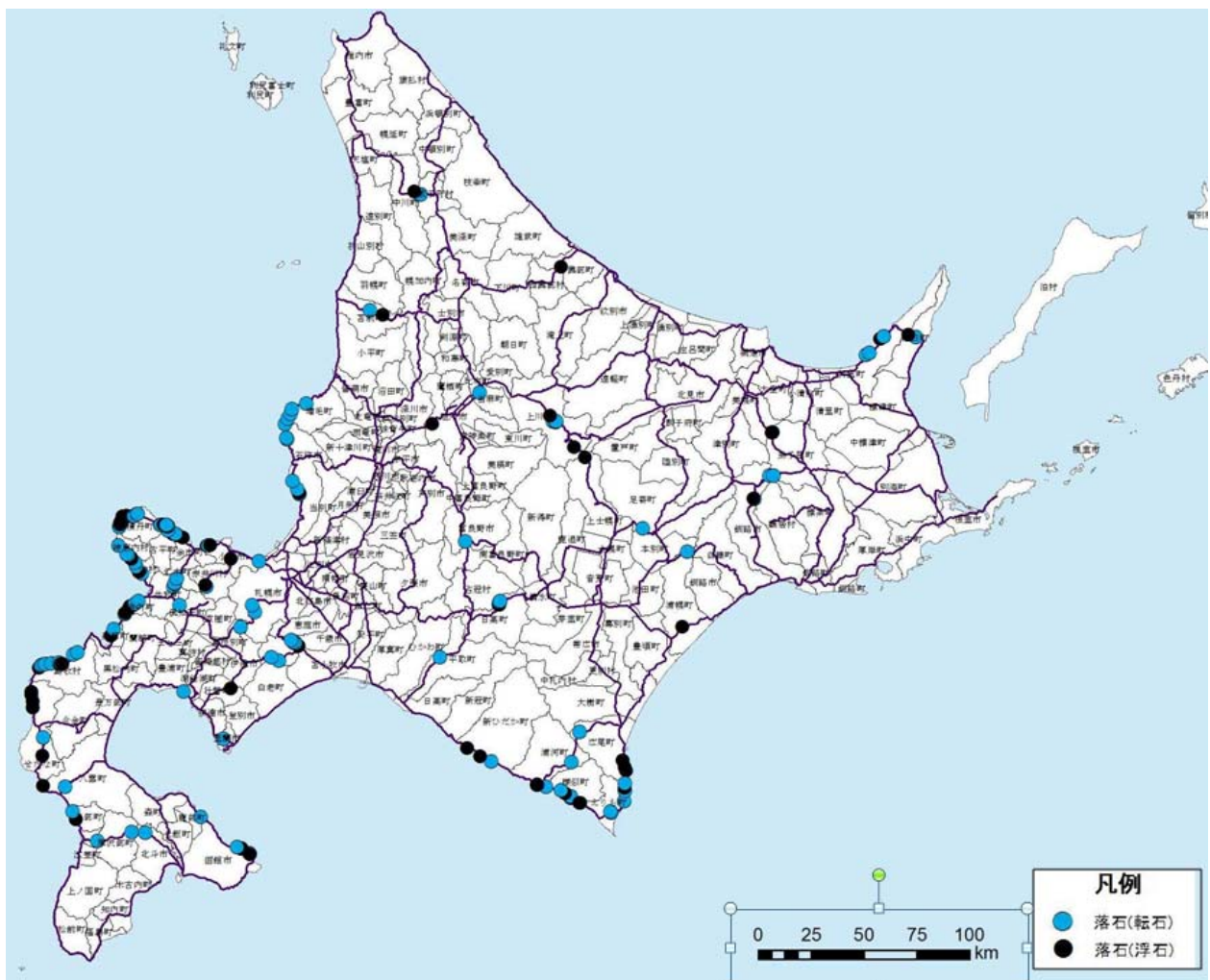


図 1-6 落石発生の報告箇所の分布

1.6 落石発生源の比高と道路への到達度の関係

落石発生源の比高と道路への到達度の関係については特に明瞭な関係性は認められず、比高が 10m 以下の箇所でも現道に到達する事例は多い。

【解 説】

「落石」発生源の比高と道路への到達度の関係については、（高標高からの発生例で道路に到達した事例の比率がやや増加するものの）比高が 10m 以下の箇所でも現道に到達する事例も多く、あまり明瞭な関係性は認められない。これは落石の径、微地形およびポケットクリアランスの有無などが総合的に影響しているためと考えられる。

表 1-3 「落石」発生源の高さと現道への到達の有無

発生源と現道 との比高	現道への到達有無(件)	
	到達	未到達
0～10m	17	19
10～30m	36	38
30～70m	28	29
70m～	15	13
合計件数	96	99

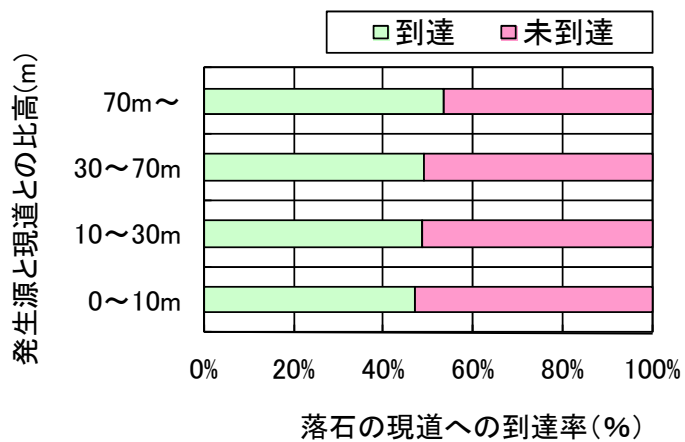


図 1-8 「落石」発生源の高さと現道への到達の有無

2. 点検の計画に関わる留意事項

2.1 「誘因」の特徴を踏まえた点検留意事項

2.1.1 降雨

降雨を誘因として「落石」が発生した事例が全体の2割を占める。
ただし、少ない雨量で発生する事例も多いことや降雨以外の誘因で発生する事例が全体の8割を占めることも着目される。

【解 説】

道内で報告された全205事例のうち降雨を誘因とした「落石」が48例と全事例の約2割を占めている。また、「崩壊」が一定の雨量で規模が増大するのに対し、「落石」の場合は少ない雨量でも発生することが特徴である。「崩壊」や「土石流」などが降雨を誘因とするものが過半数以上を占めることを考慮すると、降雨以外で発生する事例が8割を占めるのは比較的多いと認識することが妥当である。

このことから日常的な点検等において危険な転石、浮石が確認された場合は、未然に応急対策等の実施を行うことが望ましいといえる。

2.1.2 融雪

融雪を誘因として「落石」が発生した事例が全体の約2割を占める。また、融雪時期は、融雪以外の誘因を含め落石の発生件数が年間で最も多い。

【解 説】

道内で報告された全205事例のうち融雪を誘因とした落石が約2割を占めている。融雪期は、植生の繁茂前であること、残雪が斜面端部に存在することなど落石が現道に到達しやすい条件もあり注意を要するが、点検やパトロールで確認することに加え、初冬期点検で危険箇所を確認することが望ましい。

2.1.3 凍結融解

凍結融解を誘因として「落石」が発生した事例が全体の約1割を占める。

【解 説】

凍結融解は一般に積雪寒冷地における岩盤の劣化とともに、転石と地山のための粘着力の低下に影響を及ぼすと考えられているが、道内の「落石」事例でも全体の9.3%が凍結融解を誘因となるとされている。

融雪期点検における着目箇所の一つとして地盤の凍結および融解による影響の確認が挙げられるが、詳細については不明な点も多く、個々の現場状況で詳細な状況確認と適切な対応が望まれる。

2.1.4 地震

道内で発生した落石事例 205 件のうち、地震を誘因とすると考えられたものは 2 件発生している。ただし、崩壊や岩盤崩壊等の発生も考えられることから、特に当該地域において近年経験した震度以上の地震を経験した場合は注意することが望ましい。

【解 説】

地震に伴う「落石」の発生事例も 2 件のみであるが報告されている。ただし、崩壊や岩盤崩壊等の発生も考えられることから、特に当該地域において近年経験した震度以上の地震を経験した場合は注意することが望ましい。

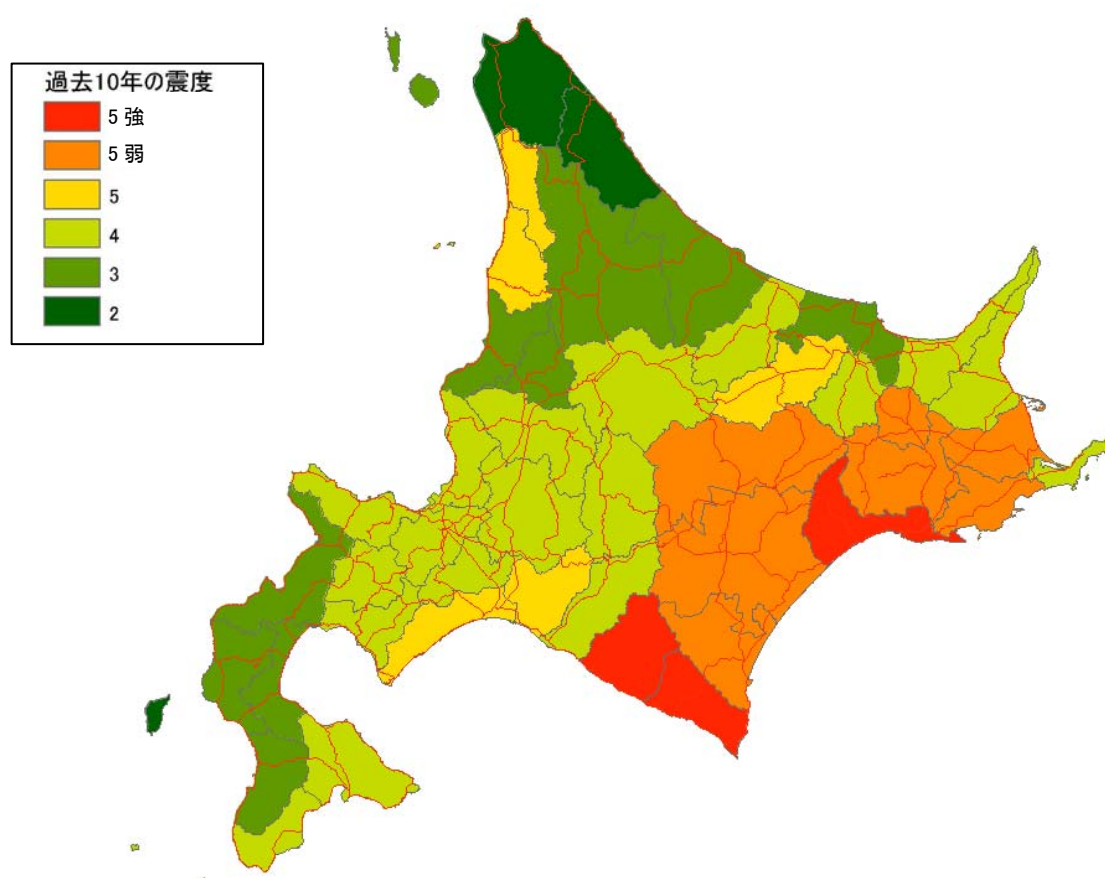


図 2-1 北海道各地における過去 10 年間の最大経験震度

2.2 経時変化の追跡

地山状況が経時的に変化していたところに、比較的小さな誘因が加わったことにより発生したとみられる事例であり、「落石」については全体の 10.7%を占めている。地山の経時的な変化とは、点検等の確認で把握可能なケースが含まれる事象であり、前回の点検時の状況との変化に留意した観察が望まれる。

【解 説】

道内で発生した事例のうち、明確な直接的原因によらず「経時変化」が直接的原因とされた事例が全体の 10.7%を占めている。また、誘因が「不明」とされた事例の中にも経年変化が主要因となっているケースも含まれると推定される。

「経年変化」に区分されるケースとは、地山状況が次第に変化し、かろうじて地山に定着していたところに比較的小さなトリガーが働いて落下したケースといえる。経年変化の内容としては、転石型については供給源となる土砂部の緩みや侵食、浮石型については、岩盤の風化や侵食といった現象が考えられる。

以上は、定期点検等による確認で把握が可能な場合があり、前回の点検時の状況との変化に留意した観察が望ましい。

2.3 落石の突発性

「崩壊」など他の斜面災害に比べ、「落石」の発生と降雨量の相関は必ずしも明瞭ではなく、降雨以外の誘因により突発的に発生する事例が多い。したがって、日常的な点検で危険と判断された転石、浮石については早期に応急対策工等の実施が望まれる。

【解 説】

「崩壊」の誘因は、降雨によるものが約 6 割を占めるのに対し、「落石」については降雨を誘因としたものが 2 割程度と低い。また、降雨を誘因とした斜面崩壊等の発生件数全体をみても、「崩壊」は豪雨の多い秋期で発生件数が増加するのに対し、「落石」については、転石型、浮石型ともに秋期のピークは認められず、融雪期でやや増加する以外は顕著な変動は認められない（第 1 章の図 1-1）。

一方、降雨量との関連についても、「崩壊」では連続雨量と崩壊件数に相関が認められる事例もあるのに対し、「落石」については連続雨量が増大した場合でも発生件数の増加は認められない（図 2-2）。

以上のことは、降雨の有無や量に関連せず、突発的に発生する懸念が高いことを示している。このため、「落石」は降雨量を基準とした通行規制による対策の適用は困難であり、点検において危険と判断された転石、浮石については、応急対策等のハード対策の早期実施が望まれる。

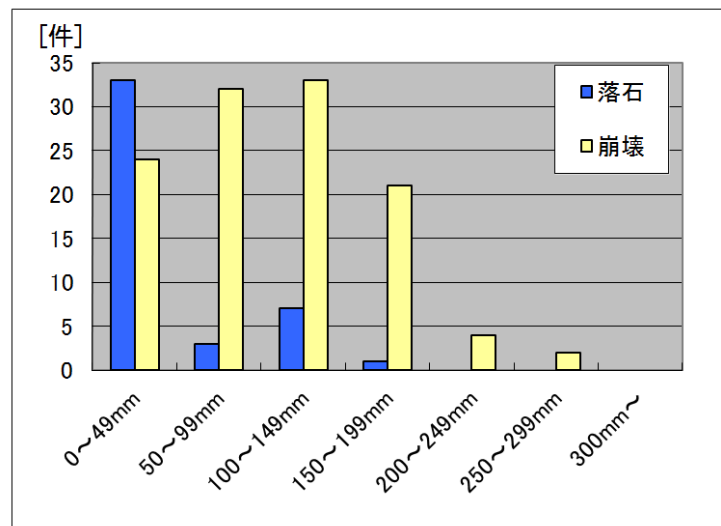


図 2-2 「落石」と「崩壊」が発生した連続雨量

降雨を誘因とする事例 229 件を対象とした。「崩壊」は連続雨量が多いケースで発生事例が多いのに対し、「落石」は 0~49mm と少ない雨量でも多く発生している。

2.4 植生が繁茂していない時期の点検

転石の分布や地山の状況を良く観察するには、融雪期や初冬期など植生が繁茂していない時期に観察することが望まれる。

【解 説】

転石の分布や地山の状況を良く観察するには、融雪期や初冬期など植生が繁茂していない時期に観察することが望ましい。夏期の点検ではポイントを絞った観察は可能であるが、全体を見渡しての転石分布の確認や、地山表層の状態の変化を観察するには落葉期に観察を行うことが望ましい。ただし、積雪寒冷地においては、融雪後の植生繁茂前および落葉後の積雪前は時間的に限られており留意を要する。



写真 2-1 植生状況の違いの例（増毛町）

2.5 融雪期点検の時期

定期点検として実施される「融雪期」点検においては、地域別および年別の融雪状況を考慮し、適した点検時期を設定することが望まれる。

【解 説】

積雪寒冷地における融雪期においては、融雪に伴う出水や地盤の緩み等、斜面災害要因が顕在化して変状が発生しやすくなるため、適切な時期に点検を実施し、災害に至る要因を早期に発見することが望ましい。

一般に融雪期点検は融雪が完了してから実施するケースが多い。しかし、特に落石に関しては融雪期間中の点検またはパトロールの実施も望ましいといえ、危険と判断された箇所は、応急を含めたハード対策の早期実施が望ましいといえる。また、北海道内においても地域によって融雪時期が異なり、地域の融雪状況に応じた点検計画が望ましい。表 2-1 および図 2-3 に、北海道における主要地点の平均的な融雪時期を示す（融雪時期は年によって異なるが、地域における相対的な目安として示す）。

想定最深積雪0cm日

注1) 想定最深積雪0cm日は、日最深積雪値の5年間(2005～2009年)平均値を求め、「0.00cm以下」を示した日とした。
注2) 「最深積雪0.00cm以下」を示した後、「同0.01cm以上」を示す日が1日のみであれば、その日を無視して想定最深積雪0cm日を決定した。



17

3. 現地点検において着目すべき箇所

3.1 着目すべき地形箇所

「落石」が発生した斜面に多い地形として、遷急線、集水性斜面、崖錐地形、崩壊跡、尾根先端部、オーバーハング部、突出露岩部等が挙げられる。

【解 説】

落石が発生した斜面に多い地形として、遷急線、集水斜面、崖錐地形、崩壊跡、尾根先端部、オーバーハング部、突出露岩部等が挙げられる。これは、集水地形部のほかは、遷急線、崖錐地形、崩壊跡といった侵食性の地形部と、突出地形部に多いといえる。このうち、特に浮石型については、尾根先端部・突出露岩部・オーバーハング部といった突出地形部に多い点が特徴である。

	落石(転石)	落石(浮石)	合計
遷急線	45	23	68
集水斜面	35	22	57
崖錐	26	11	37
崩壊跡	17	14	31
尾根先端部	7	9	16
オーバーハング	4	10	14
突出露岩部	3	9	12
台地裾部	4	2	6
土石流跡地	3	1	4
脚部侵食	2	1	3
地すべり地形	1	1	2
その他	11	9	20
全事例件数	120	85	205

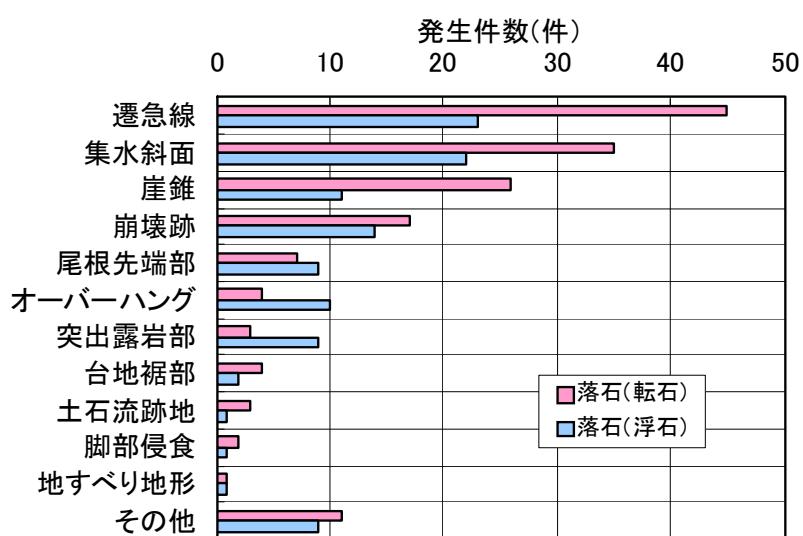


図 3-1 落石発生箇所の地形的特徴

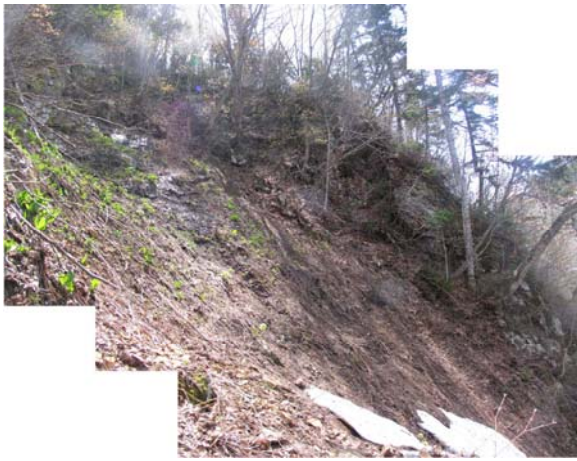


写真 3-1 崩壊部浮石・転石の例
(左：札幌市、右：石狩市)

■代表的な事例

場 所	岩内町
崩壊年月	平成 16 年 4 月
崩壊規模	最大径 20cm、平均径 15cm が計 4 個。
被災状況	車道上に散在（現道センターライン内）
地 形	比高 40m 付近から下は崖錐斜面、比高 40～100m は集水地形（沢状部）、比高 200m 付近より上部は露岩斜面。
地 質	新第三系または第四系火山岩・火山碎屑岩（水冷破碎岩）
発生原因	融雪水による沢部の転石が不安定化。

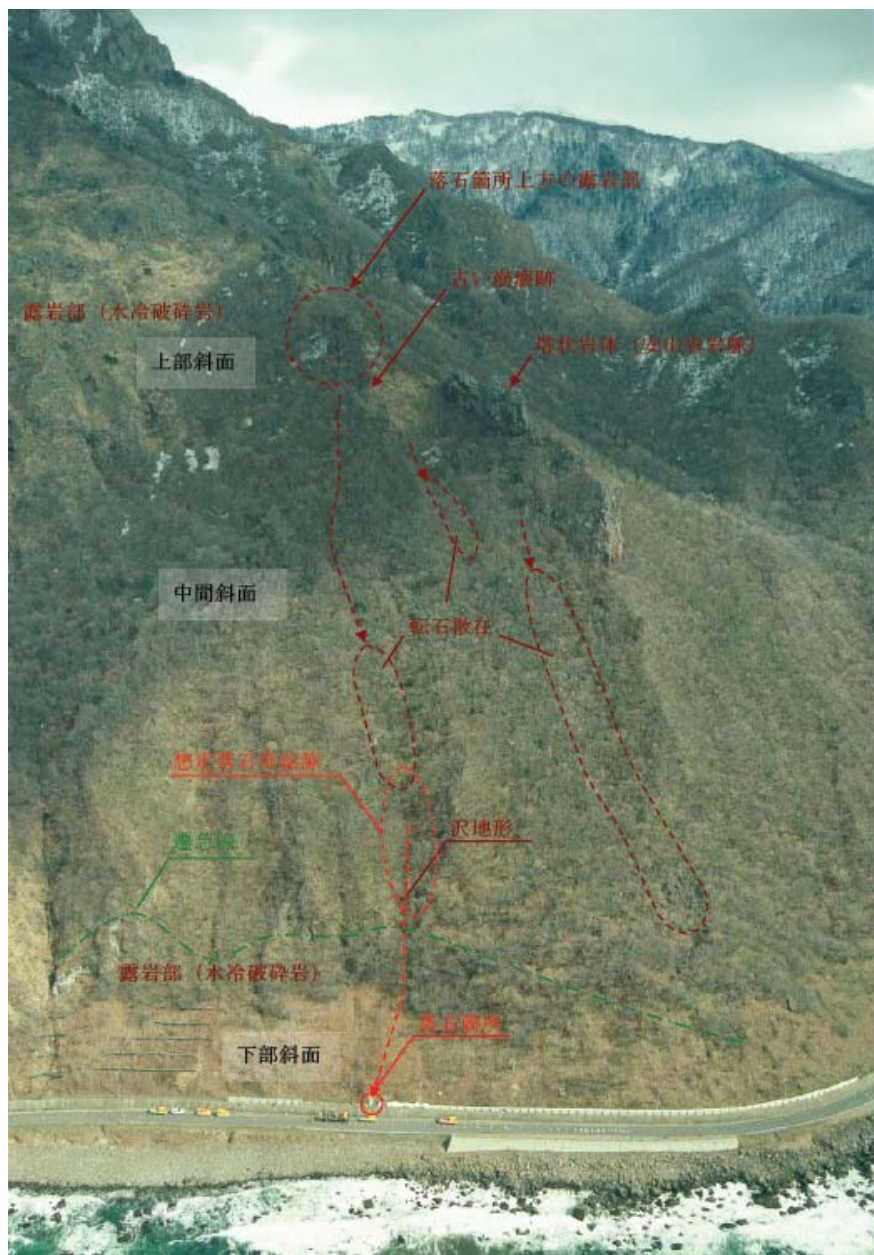


写真 3-2 集水地形部からの落石発生例（岩内町）

3.2 過去の落石履歴箇所

過去の落石履歴箇所およびその周辺の類似斜面では繰り返して落石が発生する懸念がある。

【解 説】

過去の落石履歴箇所およびその周辺の類似斜面では、繰り返して落石が発生する可能性がある。特に過去の落石が発生時に大型土のう設置や浮石除去で対処されたケースなど抜本的対策が図られたとはいえない箇所では、その後の地山の経年変化や、当時を上回る大きさの誘因によって再発する懸念があると認識して点検することが望ましい。

また、落石の発生履歴箇所周辺の類似斜面も、地形、表層地質、植生、建設時の工法および気象条件など共通する要素が多い。

3.3 応急対策中の箇所

応急対策工は、抜本的な恒久対策工に比較し一般的に対策の量および信頼性が劣る。このことから抜本的な対策が図られるまでは特に留意した点検が望ましい。

【解 説】

応急対策実施箇所は、詳細調査を実施されたうえで対策工の指針に従って設計された恒久対策工（抜本的対策工）に比較し、対策の量が少ない場合や信頼性が低い場合がある。

例として、待受式の落石防護対策工では、現在の落石防護柵の設計基準が $h=3.0\text{m}$ 以上が標準であるのに対し、応急対策として設置される大型土のうの高さは高さ 1 段または 2 段積の場合で高さは $h=0.8\sim 2.0\text{m}$ 弱となる。また、土のうは融雪期時点において除雪作業時に移動（撤去）されていたケースがある。一方、転石・浮石除去工も不安定な落石を全て除去するのが困難な場合が多いと考えられること、およびその後の経年的な地山の変化により、再度落石が発生する可能性が考えられる。

■代表的な事例

場 所	千歳市
崩壊年月	平成 21 年 3 月
崩壊規模	径 $30\times 30\times 15\text{ cm}$ 程度の板状
被災状況	山側路側帯（車道）に到達。
地 形	平均傾斜 40° 、植生は疎で、一部が氷結した残雪が部分的に認められる。
地 質	新第三系安山岩を基盤とし、表層は崖錐堆積物
崩壊（被災）原因	発生源となった肌落ち部の周辺にシカの足跡および糞が散在していること、落石発生前に顕著な誘因はなかったことから、シカの接触による可能性が考えられている。



写真 3-3 大型土のうを超えて現道に到達した例（千歳市）

3.4 根曲がりを伴う倒木箇所

根曲がりを伴う倒木跡は、新たな落石発生源となる場合がある。

[近年の道内で 2 件以上の事例あり]

【解 説】

根曲がりを伴う倒木は、急傾斜かつ表土が薄い斜面で生育した一定以上の幹径の樹木で発生しやすい傾向がある。根曲がり倒木の根元部は、礫を含んだ岩屑堆積物や崖錐堆積物といった被覆層、または亀裂質な岩盤が露出していることが多く、倒木による根曲がり跡が落石の発生源となる場合がある。

強風を伴った台風（平成 16 年 9 月の台風 18 号など）や落葉前の着雪により、大規模な風倒木被害が発生した斜面においては、その後数年間にわたって落石が発生しやすくなる場合がある。特に落石の発生履歴および落石防護施設がない斜面が、風台風により地山の状況が激的に変化した場合は注意することが望ましい。

■代表的な事例

場 所	島牧村
崩壊年月	平成 15 年 10 月
崩壊規模	直径 30cm が 1 個
被災状況	落石が山側路側帯に到達。
地 形	比高 30m、斜面勾配 35～40° の崖錐斜面。
地 質	記載なし
発生原因	過去の積雪荷重による倒木箇所から発生。



写真 3-4 倒木と落石発生源の例（島牧村）

3.5 大型動物が生息する斜面

近年の道内では、大型動物（エゾシカなど）の接触が原因と疑われる落石が増加している。
[落石事例 205 件中 19 件（9%）が該当]

【解 説】

近年大型動物（エゾシカなど）の接触が誘因と疑われる落石の発生が増加している。

これは転石が平坦面上に存在していたり表土に埋積している場合でも、大型動物の接触によって不安定化したり抜け落ちたりして落石となる場合で、転石分布斜面での調査中にエゾシカの行動に伴う複数転石の落下の目撃事例もある。このことから、転石の分布する斜面内に足跡や出没した痕跡がある場合には留意した点検が望ましい。

生息調査によると、かつては北海道東部が中心であったエゾシカの生息域は、近年北海道の西南部にも急速に拡大しており、道東・道北のみならず道央・道南においても留意が望ましい。また、収集された事例では、エゾシカのほか、クマの疑いがあるものも含まれていた（本州ではイノシシによると考えられている事例が多いという現状の報告がある）。一方、ヒトの接触による事例も 2 件報告されているが、これについては第 4 章で述べる。

なお、大型動物の接触が誘因と考えられた報告事例のほとんどは、大型動物の接触現場を直接に確認したものではなく、（落石の発生源付近の表層に動物の足跡が密集していることなどからの推定）である。したがって、厳密に断定できるものではないが、防災対策においては大型動物の接触による可能性を疑った対応が望ましい。

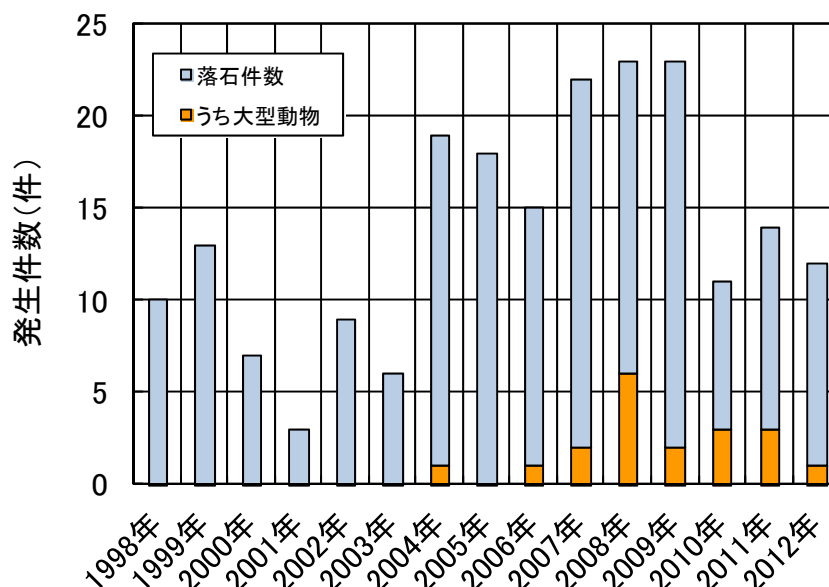


図 3-2 落石の発生件数と大型動物の接触が原因と疑われる事例数

■代表的な事例

場 所	上川町
崩壊年月	平成 19 年 5 月
崩壊規模	直径 20cm が 1 個
被災状況	のり尻に設置されている仮設柵（h=1.0m）を飛び越えて山側路側帯に到達。
地 形	比高 25m、斜面勾配 40～50°（斜面は法枠工施工済み）。
地 質	先第三系堆積岩（粘板岩）を基盤とし、上位に凝灰角礫岩、扇状地堆積物が分布。
発生原因	・風化・侵食に弱い地質で表層は植生不良 ・シカの移動 ・地表面の凍結融解の繰返し発生による斜面の摩擦抵抗の低下。



写真 3-5 大型動物の痕跡例（法肩付近の獣道：（上川町）

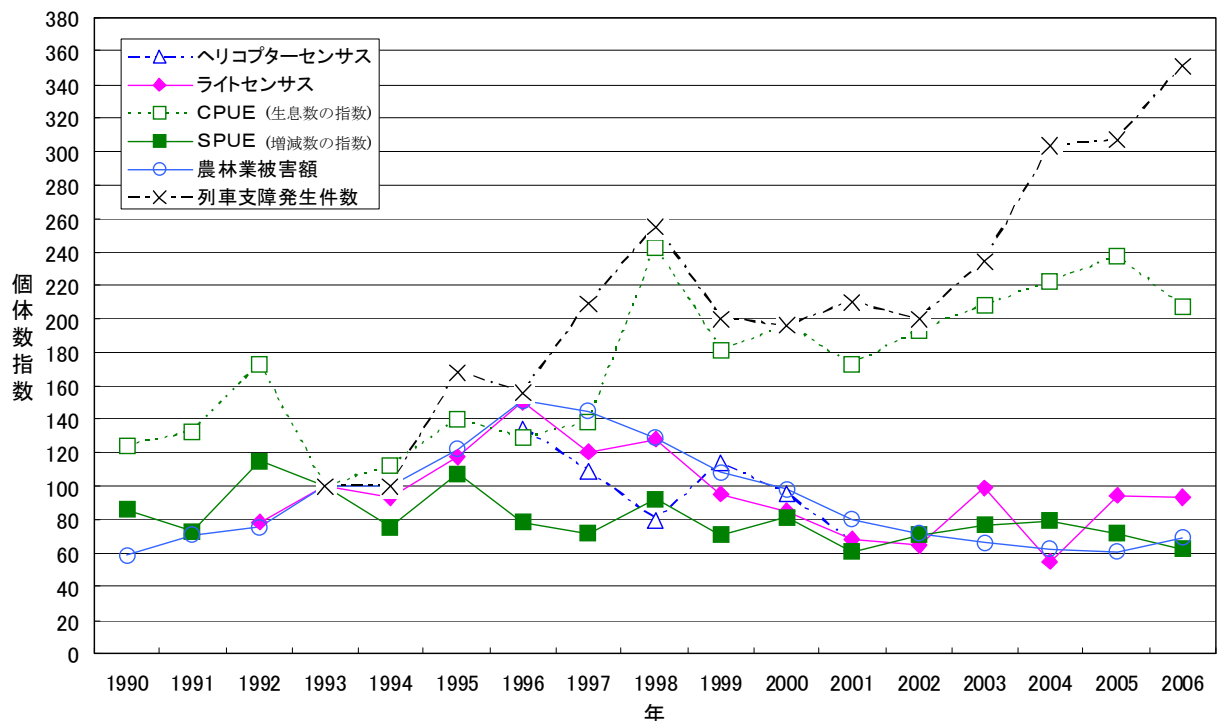


図 3-3 北海道東部におけるシカの個体指数の推移
[北海道エゾシカ保護管理検討会で提出された統計資料（平成 19 年度検討会）を改]

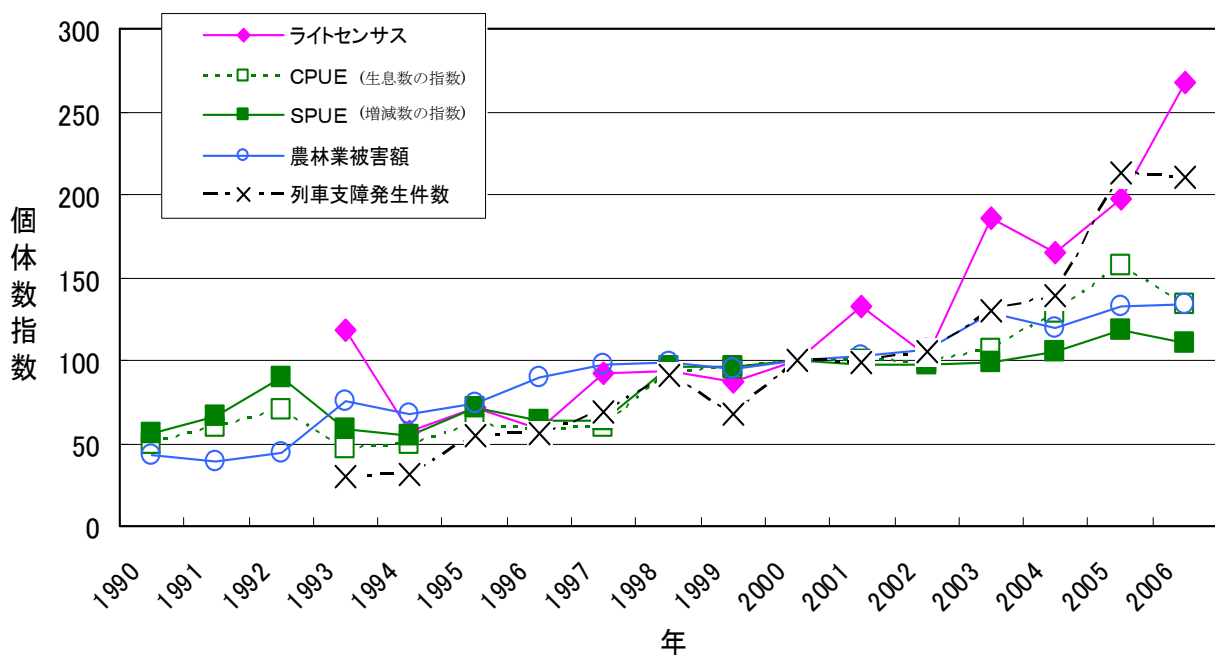


図 3-4 北海道西部におけるシカの個体指数の推移
[北海道エゾシカ保護管理検討会で提出された統計資料（平成 19 年度検討会）を改]

3.6 待受式対策工背面の残雪 ―残雪上のオーバーロール―

斜面裾部のポケットや落石防護擁壁の背後、大型土のうの背面においては、残雪の堆積によりクリアランスが埋積され、落石がオーバーロールして道路に到達してしまう場合が懸念される。

[落石事例 205 件中 3 件以上が該当]

【解 説】

斜面端部のポケットや落石擁壁背後の背後、大型土のうの背面といったクリアランスは、通常は落石の防護効果を成すものであるが、融雪期においてはそのクリアランス部に残雪が埋積している場合は、積雪部がスロープとなり、その上部を通過して道路等へ到達することがある。

特に融雪初期は、落石の発生源となる斜面の中～上部で融雪が進み、地山が露出している一方、斜面下部では前述の状況となっている段階が存在する。また、融雪期の残雪の場合は、斜面裾に硬く締まった状態で残存するため一般的に緩衝力が低い。

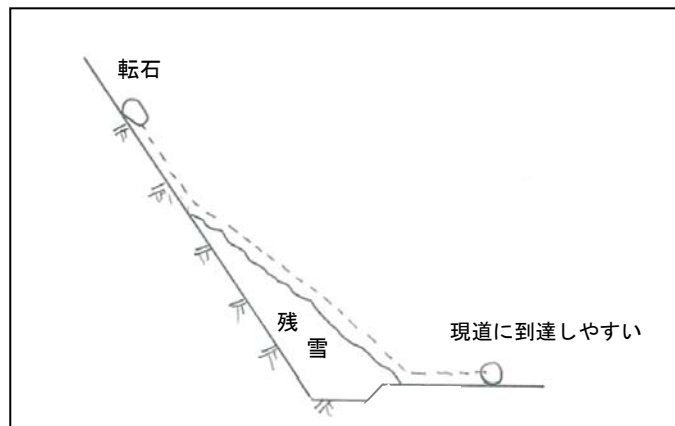


図 3-5 法尻の堆雪状況 模式図

■代表的な事例

場 所	千歳市
崩壊年月	平成 21 年 4 月
崩壊規模	幅 5m, 高さ 8m, 厚さ 0.3m, 発生土量 15m ³
被災状況	崩土の一部が落石 (27cm×18cm×17cm 1 個) となって道路センターライン内に到達。
地 形	第一遷急線は比高 12～15m 付近に位置し、それより下方は約 50 度の傾斜をなす。
地 質	・ 第四紀の未固結の軽石からなる。 ・ 表層は火山灰および風化した軽石からなる厚さ 10～30cm の崖錐堆積物が覆う。
崩壊 (被災) 原因	・ 融雪期の気温上昇。 ・ 土のう背面の積雪によるクリアランス埋没。



写真 3-6 クリアランス埋没例 (千歳市)

このほか、落石発生時にスロープとなる可能性があるのり尻の残雪状況に留意した点検が望ましい。



写真 3-7 融雪期における法尻の残雪例

3.7 対策工の変状・破損箇所

恒久対策工施工済みの箇所においても、変状や破損により機能が発揮されない場合がある。
[1 件以上が該当]

【解 説】

落石防護工が変状や破損している場合、同一経路で落石が発生した場合など防護ができない事例がある。

当然のことながら、応急・恒久とも落石対策工は過去に落石が発生した等、落石発生の地形地質的な素因のある箇所で実施されている。このため、落石防護工の破損や変状箇所においては追従する落石が発生し現道に被害を及ぼす可能性が高い。

なお、一般に対策完了箇所は、防災カルテ点検対象外（ランク 3：対策不要）となる場合が多く、変状または破損等が発生した場合の対応が遅れる可能性が高い。このことから防災カルテ点検終了後の維持管理にも留意した点検が望ましい。

■代表的な事例

場 所	せたな町
崩壊年月	平成 19 年 5 月
崩壊規模	直径 5cm×1 個、直径 10cm×1 個。
被災状況	山側路側帯（車道）に到達。
地 形	・比高 22m、勾配 1：0.5（法枠工施工済み）、法面上部は高さ 4m、勾配 35～40°。 ・斜面上方は段丘面で平坦、耕作地として利用。
地 質	新第三系火山砕屑岩（火山角礫岩）を基盤とし、風化岩～段丘堆積物が上位に分布。
発生原因	のり面上部のネットが破損して、段丘堆積物の礫が不安定化。



写真 3-8 応急対策工の破損例（せたな町）

3.8 雪崩覆道上の落石

雪崩覆道（スノーシェッド）の山側斜面から発生した落石が覆道上に存在している場合がある。現道からの観察では確認できないため留意した点検が望ましい。

〔崩壊等とあわせて数例の報告あり〕

【解 説】

雪崩覆道（スノーシェッド）または古い時代に設計された落石覆道において山側斜面から規模の大きな落石が到達した場合、構造物を変状、破損される恐れがある。また、落石兼用型の雪崩覆道でも許容される落石荷重はφ30～50cm 程度までのものも多い。

特にカルテ点検等の対象となっている場合を除き、覆道の上の状況は確認されない場合が多く、発見が遅延されにくい場合が想定される。なお、覆道の山側にポケットが存在する場合でも、融雪時に残雪が崖錐状に残存している場合も多く、その上をオーバーロールして覆道上に到達する例も存在する。



写真 3-9 覆道上で発見された落石〔φ2m〕（羅臼町覆道上の例）

3.9 強風の影響を受けやすい箇所

強風により、根曲がり倒木の根元に引っかかっている礫や、ロックネットが被覆された露岩部の浮石が落下する事例がある。

【解 説】

根曲がり倒木の根元に引っかかっている礫、立木の根元等で停止している不安定な転石、ロックネット被覆された露岩部の浮石等、強風により落下が懸念されるものに留意した点検が望ましい。特に広範囲の斜面に施工されたロックネット等は、強風時に受けるエネルギーが大きく、落石の規模が大きくなったり、柱状の浮石を不安定化させたりする場合がある。

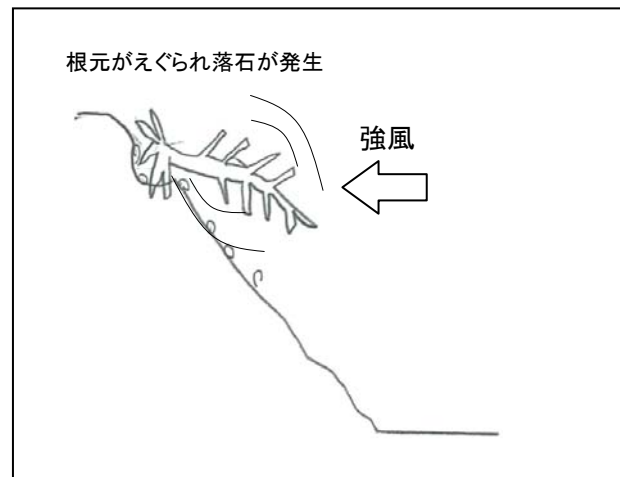


図 3-6 根曲がり倒木 模式図

■代表的な事例

場 所	広尾町
崩壊年月	平成 18 年 1 月
崩壊規模	直径 50cm の落石
被災状況	落下時に直径 15～20cm の礫に細片化して、道路上から対向車線の縁石付近に散在。
地 形	比高 50～60m、露岩斜面および立ち木の多い崖錐斜面
地 質	先第三系堆積岩（粘板岩）
崩壊（被災）原因	剥離箇所は木根の部分で、木が風にあおられて根の部分の表層が剥離。



写真 3-10 強風による樹木の根部からの落石例（広尾町）

報告のあった事例は、風倒木の発生により根元部から表層が掘り起こされたことによる落石の発生がほとんどであるが、ロックネット内で小落石（内部で引っかかっていたものを含む）の発生例もある。

4. その他の留意事項

4.1 人為的誘因（ヒトの接触）

「落石」発生の誘因には、ヒトが斜面内を移動したことによる転石や浮石との接触による事例の報告がある。このことから点検や調査時には安全管理にも配慮が望ましい。

【解 説】

人為的誘因により落石が発生したと想定される事例には、山菜採り等による斜面内への立入りのほか、斜面調査時、浮石除去作業時等が報告されている。

点検時には斜面内の移動中等は接触を避けるほか、状況に応じて仮設防護柵の設置や監視員を配置することが望ましい。

■代表的な事例

場 所	鹿部町
崩壊年月日	平成 18 年 5 月
崩壊規模	50cm×40cm×25cm が 1 個
被災状況	対向車線を通り過ぎて、海岸まで到達。落石は 2 つに分離。
地 形	比高 25m、斜面勾配 45～50°、下部は法枠工、上部は自然斜面。
地 質	第四系（沖積）火山灰
崩壊（被災） 原因	・ 山菜採りに来たヒトによる接触（当日は晴天で風もなし）。 ・ 落石発生源付近に足跡あり。

4.2 斜面以外からの落石

現道および近接部で発見される“落石”には、斜面からの落下した落石のほか、トラックなどの運搬車両からの転落石や石垣など構造物からの剥離石も含まれる。

【解 説】

道路パトロールで“落石”と報告されるものの中には、平地部で確認されたものや石垣や構造物表面に装飾された化粧石が剥離して路肩に散在している例も含まれている。

交通妨害として災害要因にはなるものの、原因特定の際には、岩石の種類と現地地質の対応や落石の形状から区別することが望ましい。

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料

【崩壊編】

【崩壊編】

目 次

1. 道内で発生した「崩壊」に関する基礎的データ	1
1.1 「崩壊」の発生時期	1
1.2 「崩壊」の発生誘因	2
1.3 「崩壊」発生箇所の斜面の種類	3
1.4 「崩壊」発生部の勾配	4
1.5 「崩壊」発生箇所の分布	5
1.6 「崩壊」の規模	7
1.7 地質の種類	8
1.8 統計解析による留意すべき災害要因	9
2. 点検の計画に関わる留意事項	10
2.1 「誘因」の特徴を踏まえた点検留意事項	10
2.1.1 降雨	10
2.1.2 融雪	12
2.1.3 地震	14
2.2 経時変化の追跡	15
2.3 地山状況が激的に変化（荒廃化）した事例	16
2.4 集中豪雨の増加	17
2.5 集中豪雨に伴う土砂流出	19
2.6 建設後 1～2 年以内の崩壊	20
2.7 点検後 1～2 週間で変状が進行した事例	22
2.8 融雪期点検の時期	22
3. 現地点検において着目すべき箇所	24

3.1 着目すべき地形箇所	24
3.2 過去の崩壊履歴箇所	26
3.3 応急対策中の箇所	27
3.4 湿地性植物の多い斜面	28
3.5 切土された集水斜面	29
3.6 遷急線より上位の土地利用状況（その１）　－地表面水の流入－	30
3.7 遷急線より上位の土地利用状況（その２）　－保水性の低い牧草地－	31
3.8 根曲がりを伴う倒木が多い斜面	33
3.9 待受式対策工背面の残雪　－残雪上のオーバーフロー－	34
3.10 道路より谷側の斜面（その１）　－海岸侵食－	35
3.11 道路より谷側の斜面（その２）　－河川洗掘－	36
3.12 雪崩覆道上の崩壊土砂	37
3.13 排水設備の破損・機能不全箇所	38
3.14 表層保護工の周囲部からの崩壊	40

はじめに

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料（以下、本資料）とは、平成 24 年末までに北海道内で発生した 552 件の斜面崩壊等の事例分析の結果をもとに、実際の斜面防災で有効とみられる情報や知見を抽出して斜面防災に活用できる形でとりまとめた参考資料である。

本編はこのうち「崩壊」に関してとりまとめた。「落石」と「岩盤崩壊」は別添資料にとりまとめている。

1. 道内で発生した「崩壊」に関する基礎的データ

1.1 「崩壊」の発生時期

夏期～秋期の豪雨期および融雪期の5月が多い。

【解 説】

「崩壊」が夏期～秋期の豪雨期で最も多く、続いて融雪期の5月が多い。これは「落石」に比較すると降雨を誘因とする事例が多いためと考えられる。また、「岩盤崩壊」と異なり、冬期では少ない。

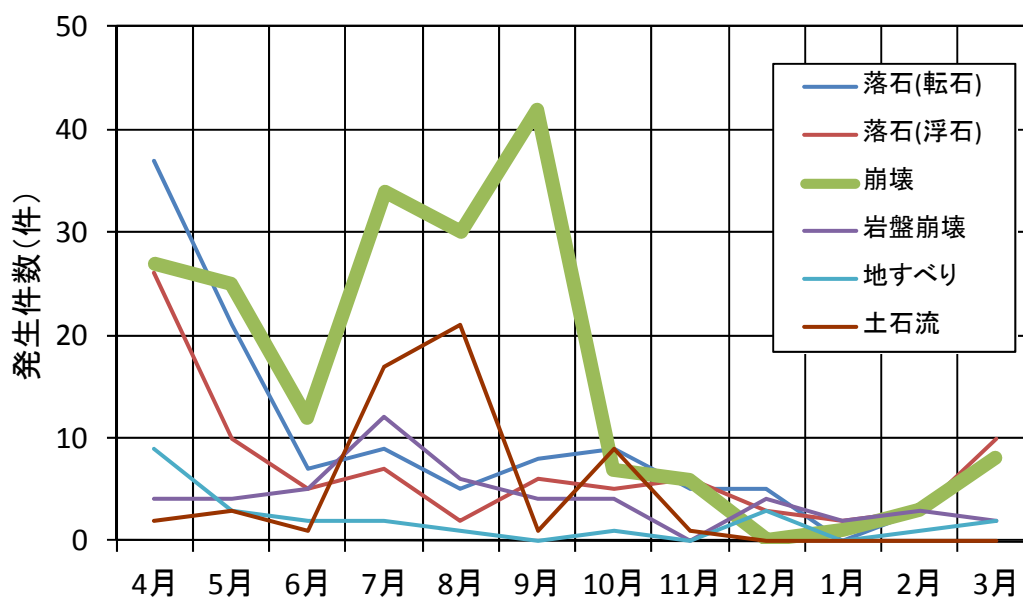


図 1-1 月別にみた崩壊等の発生件数

1.2 「崩壊」の発生誘因

崩壊発生誘因として「降雨」によるものが約 6 割を占める。それ以外では、融雪、地震、人為的なもの、地震と続く（経年変化は 2.5%、不明は 8.9%）。

【解 説】

「崩壊」の発生原因は、地形・地質・斜面表層の状況等の素因と、降雨・融雪・地震等の誘因が関与している。

このうち誘因について、降雨によるものが 61.4%、と突出して高く、「落石」や「岩盤崩壊」と異なっている。それ以外では、融雪が 17.3%、人為的なものが 4.5%、地震が 4.0%と続き、少数としては凍結融解、強風、倒木と続く。また、人為的なものとは、排水設備の破損が多い。

また、明確な誘因が認められない状況で発生した「経年変化」が主要因と考えられるものは 2.5%、「不明」は全体の 8.9%となっている。

表 1-1 斜面崩壊等の誘因

	発生件数 (件)	構成比 (%)
降雨	124	61.4
融雪	35	17.3
人為的なもの	9	4.5
地震	8	4.0
経年変化	5	2.5
凍結融解	1	0.5
強風	1	0.5
倒木	1	0.5
不明	18	8.9
合計	202	100.0

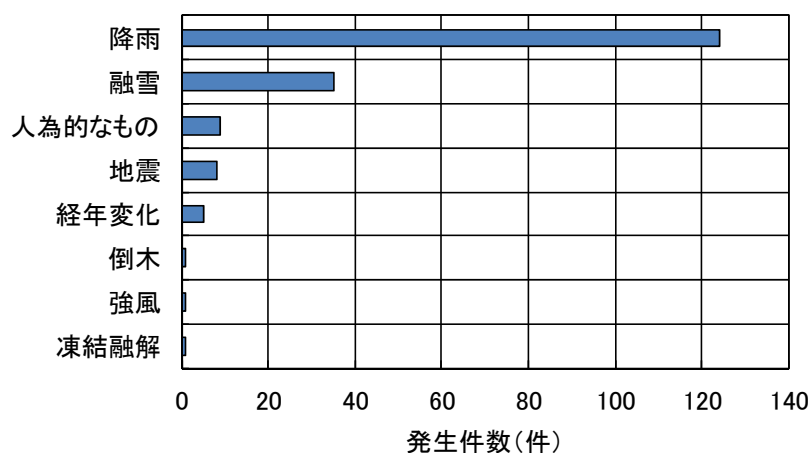


図 1-2 「崩壊」発生誘因

1.3 「崩壊」発生箇所の斜面の種類

道内の事例においては、「崩壊」が発生した箇所の斜面状況は、法面と自然斜面が半数程度ずつを占め、他の災害種が自然斜面で多いのとは異なっている。

【解 説】

「崩壊」の事例 202 件のうち、法面が 83 箇所、自然斜面が 116 件箇所（不明が 3 件）となっている。また、自然斜面の表層の状態は、約 7～8 割が草本と木本、露岩が 2～3 割を占めている。また、「崩壊」のうち、被覆層（表層土砂部）で発生した事例が約 5 割、基盤岩の風化部で発生した事例が約 4 割となっている（残りは「不明」または「コンクリート」）。

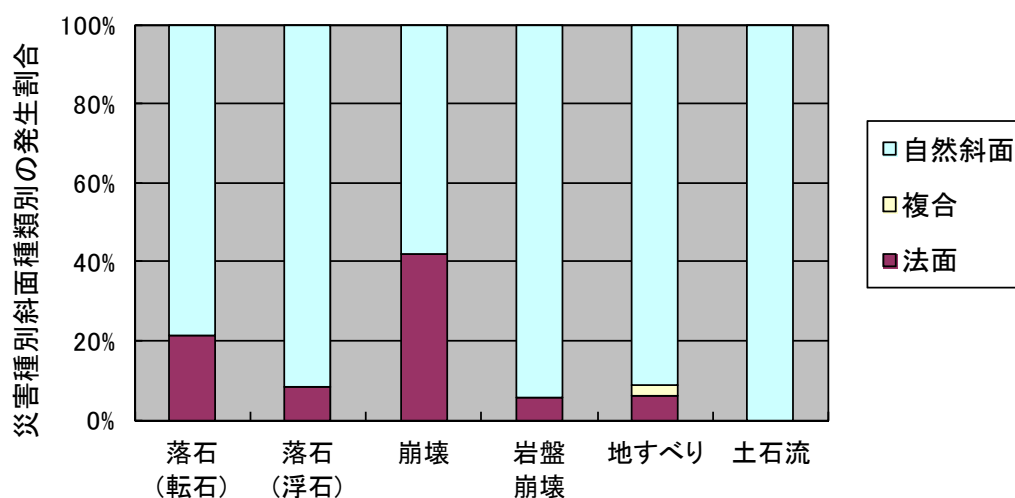


図 1-3 「崩壊」が発生した斜面の種類

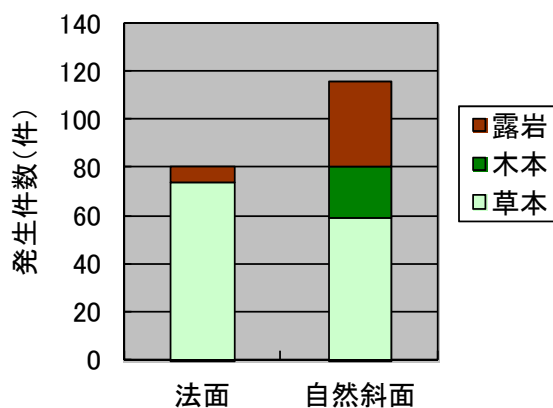


図 1-4 「崩壊」が発生した斜面の状況

1.4 「崩壊」発生部の勾配

「崩壊」は主に $20^{\circ} \sim 69^{\circ}$ の勾配箇所が発生が報告されているが、 $40 \sim 49^{\circ}$ の地形部で突出して多くなっている。

【解 説】

道内で発生した「崩壊」事例 202 件について発生箇所の勾配を調べたところ、下のグラフのようになった。崩壊は 20° から 69° で発生した事例が多いが、特に $40 \sim 49^{\circ}$ の地形部で特に多くなっている。これは転石型の落石と類似しており、浮石型の落石や岩盤崩壊より低い勾配となっている。

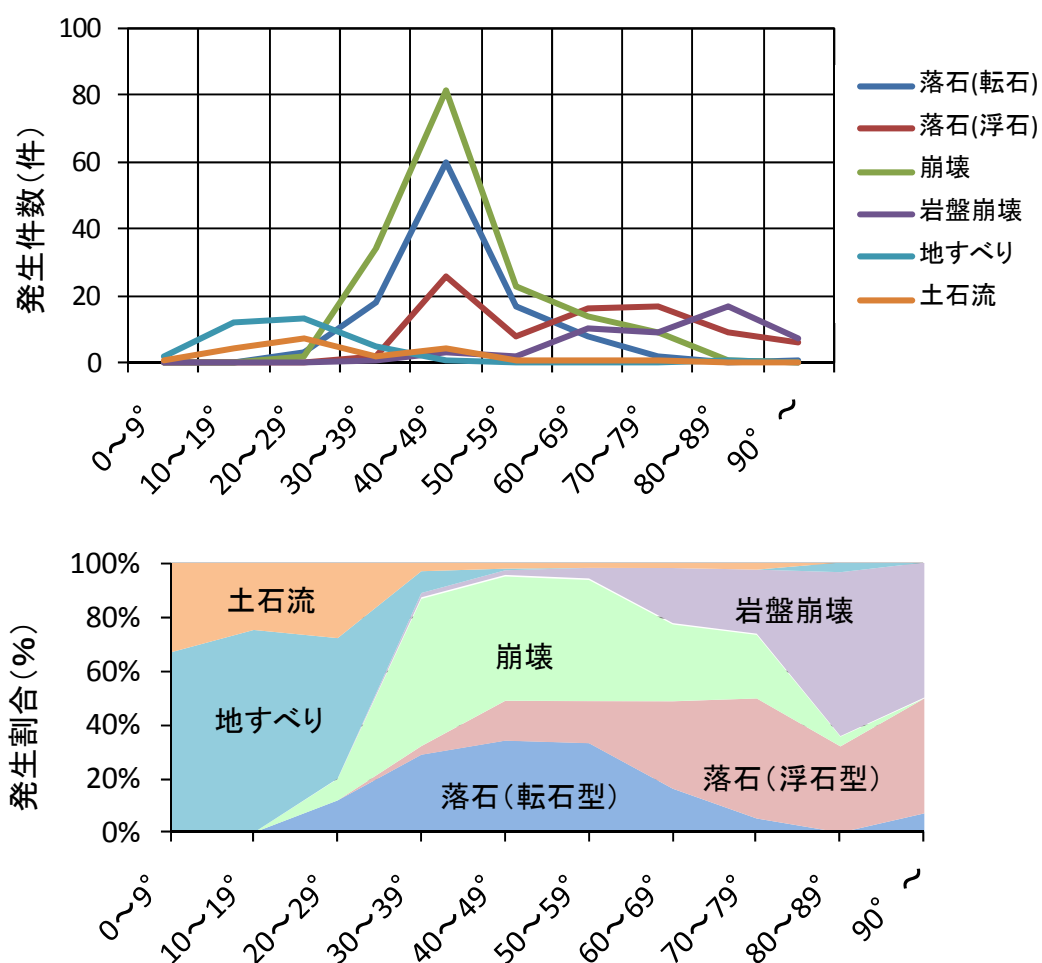


図 1-5 崩壊等の発生源の勾配（件数 [上] と比率 [下]）

1.5 「崩壊」発生箇所の分布

事例調査における「崩壊」の報告箇所の地理的な分布をみると、海岸沿いおよび山岳域で多く発生しており「落石」と共通しているが、「落石」と比較すると内陸での発生事例も多い。

【解 説】

事例調査で「崩壊」が発生した箇所の地理的な分布をみると、海岸沿いおよび山岳域で多く発生しており、「落石」と共通しているが、「落石」と比較すると内陸の山岳道路での発生事例も多く、道東や道北での事例も認められる。

なお、小樽管内の報告件数が特に高いものの、これは「崩壊」の絶対数が高いのではなく、事例の記録および報告率の高さが関与している可能性もある。

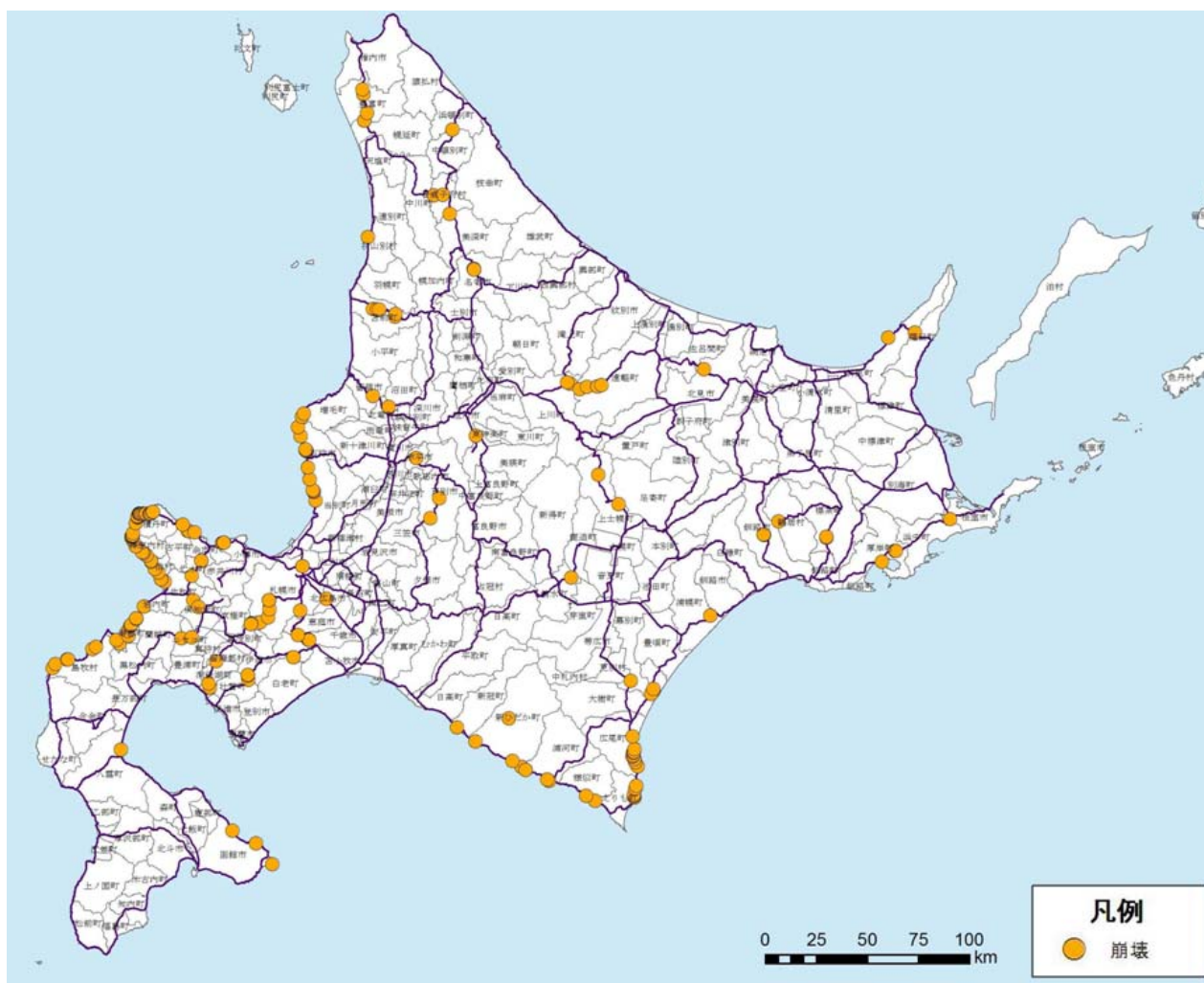


図 1-6 崩壊等の報告箇所の分布

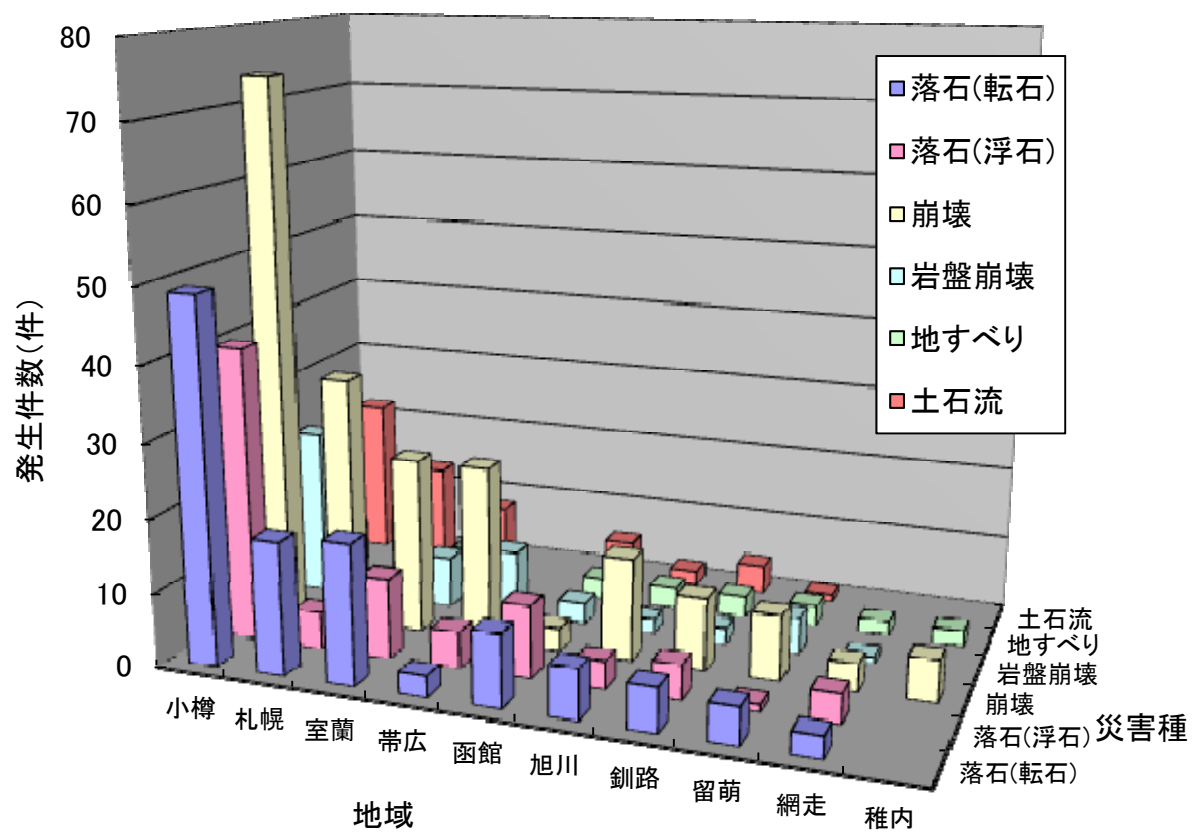


図 1-7 地域別にみた崩壊等の報告箇所数

1.6 「崩壊」の規模

「崩壊」の発生規模は、「岩盤崩壊」に比較すると土量が少ないが、数 m^3 程度のものから 5,000 m^3 を超えるものまで報告されている。特に 1,000 m^3 未満のものが多く。

【解 説】

道内で発生した「崩壊」の崩壊規模（発生土量）をみると、土量が記載されている 177 件のうち、0～10 m^3 が 45 件、10～100 m^3 が 74 件、100～1,000 m^3 が 45 件と 1000 m^3 未満のものが多く。全体に「岩盤崩壊」に比較すると崩壊土量は少ないが 5,000 m^3 を超えるものも 2 件報告されている。ただし、10,000 m^3 を超えるものは確認されていない。

表 1-2 崩壊土砂量

崩壊土量	発生件数 (件)	構成比 (%)
10 m^3 未満	45	22%
10～100 m^3	74	37%
100～1,000 m^3	45	22%
1,000～2,000 m^3	9	4%
2,000～5,000 m^3	2	1%
5,000～10,000 m^3	2	1%
10,000 m^3 以上	0	0%
不詳	25	12%
合計	202	100%

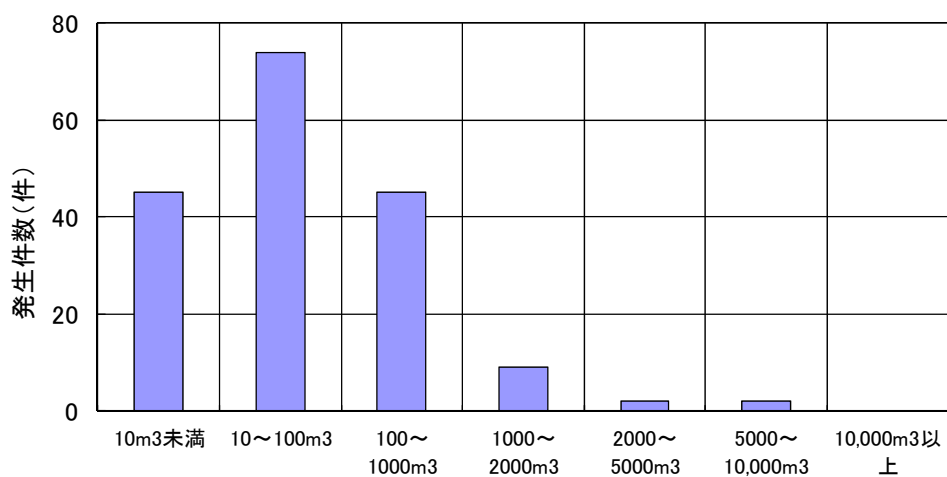


図 1-8 崩壊発生土量と件数

1.7 地質の種類

道内における「崩壊」は、新第三系および第四系の地質分布域での発生が 9 割近くを占めており、ほかは先第三系の変成岩分布域となっている。

単位分布延長あたりの崩壊発生件数は、第三系から第四系の火山砕屑岩類の分布域で特に高い。

【解 説】

地質種別にみた「崩壊」の発生件数は、第四系の未固結堆積物（火山灰以外）で 55 件、第三系～第四系の火山砕屑岩類の分布域では、41 件、新第三系～第四系の堆積岩（火山砕屑岩を除く）で 38 件となっている。

また、各地質の分布延長 100km あたりでみると、新第三系～第四系の火山砕屑岩類の分布域は、25.8 件/100km と特に高く、ほか先新第三系変成岩で 9.9 件/100km、他は 3 件未満/100km となっている。

特に日本海側に分布する新第三系～第四系の火山岩・火山砕屑岩は、その分布比に対しても「崩壊」の発生頻度は高くなっている。

表 1-3 分布地質と「崩壊」報告数

地質分類	延長分布比		箇所数 [カ所]	延長当りの 発生件数 [箇所/100km]
	分布延長[km]	比[%]		
第四系火山灰	557.5	8.7	8	1.4
第四系(沖積)砂、礫、粘土	2618.6	41.0	55	2.1
新第三系または第四系溶岩	886.0	13.9	12	1.4
新第三系または第四系火山砕屑岩	159.1	2.5	41	25.8
新第三系または第四系(洪積)堆積岩	1321.5	20.7	38	2.9
先新第三系堆積岩	609.8	9.5	14	2.3
先新第三系火山岩	85.4	1.3	0	0.0
先新第三系変成岩	40.6	0.6	4	9.9
先新第三系蛇紋岩	52.6	0.8	0	0.0
深成岩	56.11	0.9	0	0.0
不明	-	-	30	-
合計	6387.0	100.0	202	45.7

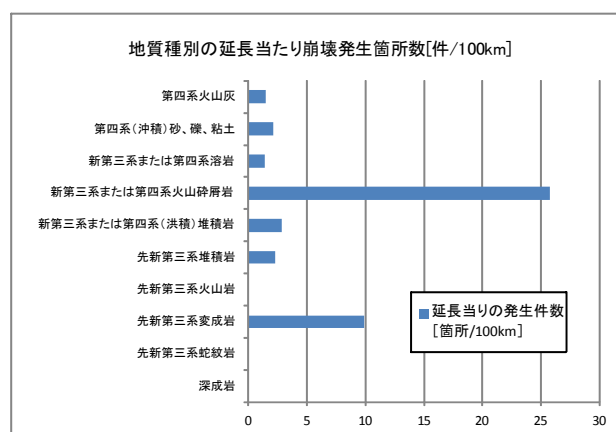
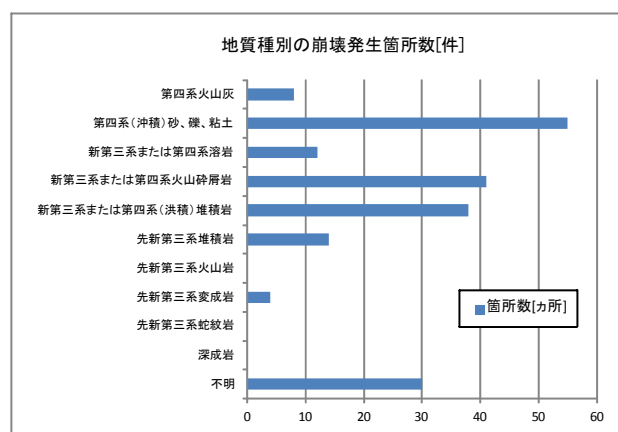


図 1-9 災害種別基盤地質種（崩壊部の地質）

1.8 統計解析による留意すべき災害要因

H8 道路防災総点検安定度調査表を用いた統計解析により、変状の発生に寄与度が高い結果が得られた項目に留意することが望まれる。

【解 説】

平成 8 年度道路防災総点検における「落石・崩壊」の安定度調査表を用いて、多変量統計解析により変状の有無に着目した分析を行い、どの項目の寄与度が高いか（重い）を調査した結果、以下のような項目が抽出されている。

(1) 法面

崖錐地形、オーバーハング、崩壊性の岩質、崩壊性の構造／不透水性基盤上の土砂、浮石・転石が不安定～やや不安定、湧水の状況、形状、ガリ侵食、洗掘、落石

(2) 自然斜面

湧水の状況、表面の被覆状況、形状／高さ、形状／勾配、はらみ出し、根返えり、崩壊、その他の変状

ただし、上記項目は分析精度上、参考程度とする。

2. 点検の計画に関わる留意事項

2.1 「誘因」の特徴を踏まえた点検留意事項

2.1.1 降雨

降雨を誘因として「崩壊」が発生した事例は全体の約 6 割を占める。また、年間のうち「崩壊」の発生は豪雨期と重なる 7～9 月に多い。

【解 説】

事例調査によると、「落石」については降雨、地震、融雪、大型動物の接触、凍結融解、経年変化等様々な要因が寄与しているが、「崩壊」の場合は 202 件のうち、降雨によるものが 124 件と約 6 割を占めている。

表 2-1 「崩壊」の誘因件数

	発生件数 (件)	構成比 (%)
降雨	124	61.4
融雪	35	17.3
人為的なもの	9	4.5
地震	8	4.0
経年変化	5	2.5
凍結融解	1	0.5
強風	1	0.5
倒木	1	0.5
不明	18	8.9
合計	202	100.0

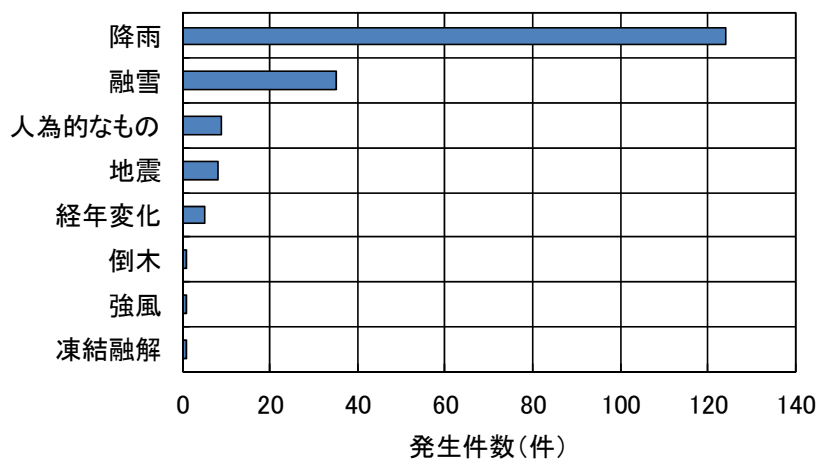


図 2-1 崩壊の誘因

■代表的な事例

場 所	積丹町
崩壊年月	平成 16 年 3 月
崩壊規模	道路から約 120m 山側の砂防ダム側方斜面 2 箇所が崩壊（ $30 \times 45 \times 1\text{m}$ 、 $20 \times 20 \times 1\text{m}$ ）約 $5,000\text{m}^3$ （雪を含む）
被災状況	延長 60m にわたり最大 2m の厚さで両車線を土砂が埋めた。
地 形	発生斜面の勾配 $40 \sim 45^\circ$ 、沢部の勾配 $20 \sim 30^\circ$ 。
地 質	新第三系または第四系（洪積）堆積岩（塊状シルト岩）
発生原因	融雪期の降雨（連続雨量 24mm ）



写真 2-1 融雪期の降雨による崩壊例（積丹町）

2.1.2 融雪

融雪を誘因として「崩壊」が発生した事例が全体の約 2 割を占める。このことから融雪期、特に気温が上昇する日や融雪を促進させる降雨のある日は注意した点検が望まれる。

【解 説】

事例調査によると、「崩壊」については全 202 件のうち、融雪によるものが 35 件と降雨に次いで多い。地中水の増加は融雪の速度と密接に関連していることが明らかとなっており、特に気温が上昇する日や融雪を促進させるような降雨がある日は注意が望ましい。

融雪期の地下水位は、融雪の速度と密接に関連するとされている。これは地山から沢へ排出される速度に対し、地表面から供給される地中水の量が多く、一時的に地山内部の地下水が多くなるためと考えられる。融雪期の降雨は、残雪を融かす作用があり、降雨量に融雪水が加わって地下水位を高める計測例も報告されている。

表 2-2 地域別にみた融雪を原因とする「崩壊」の発生件数

	稚内	網走	旭川	留萌	釧路	帯広	小樽	札幌	室蘭	函館	合計
2 月				1				1			2
3 月	1						3	1	1		6
4 月	2		5		3	1	1	6			18
5 月			1				1	3			5
合計	3		6	1	3	1	5	11	1		31

表 2-3 災害種別にみた融雪を原因とする斜面崩壊等の発生件数

	落石 (転石)	落石 (浮石)	崩壊	岩盤崩壊	地すべり	土石流	合計	
							件数	比率
1 月				1			1	1.2
2 月			2				2	2.4
3 月	3	2	6		2		13	15.7
4 月	11	8	19	2	4	1	45	54.2
5 月	5		5		2		12	14.5
6 月							0	0.0
7 月							0	0.0
8 月							0	0.0
9 月							0	0.0
10 月							0	0.0
11 月		1					1	1.2
12 月	1	1		1	1		4	4.8
不明	1		3	1			5	6.0
合計	21	12	35	5	9	1	83	100.0

融雪期に発生した事例の月別発生件数

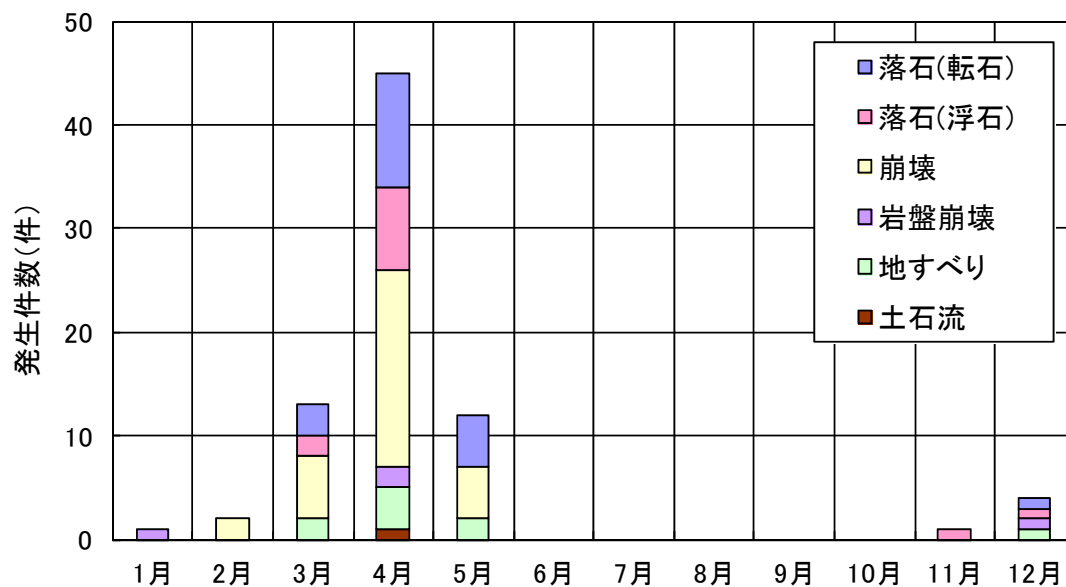


図 2-2 月別にみた融雪を原因とする斜面崩壊等の発生件数

なお、図 2-2 の通り、融雪に伴う落石等の事象については、4 月が突出して多い。また、11 月、12 月にも発生している。

2.1.3 地震

地震発生時には、崩壊の発生も懸念される。特に、当該地域において近年経験した震度以上の地震を経験した場合は注意した点検が望まれる。

【解 説】

「崩壊」の発生事例 202 件のうち 8 件は地震を誘因とするものと考えられている。特に当該箇所周辺で発生した地震の履歴から、近年の経験震度以上となった場合には特に注意した点検が望まれる。

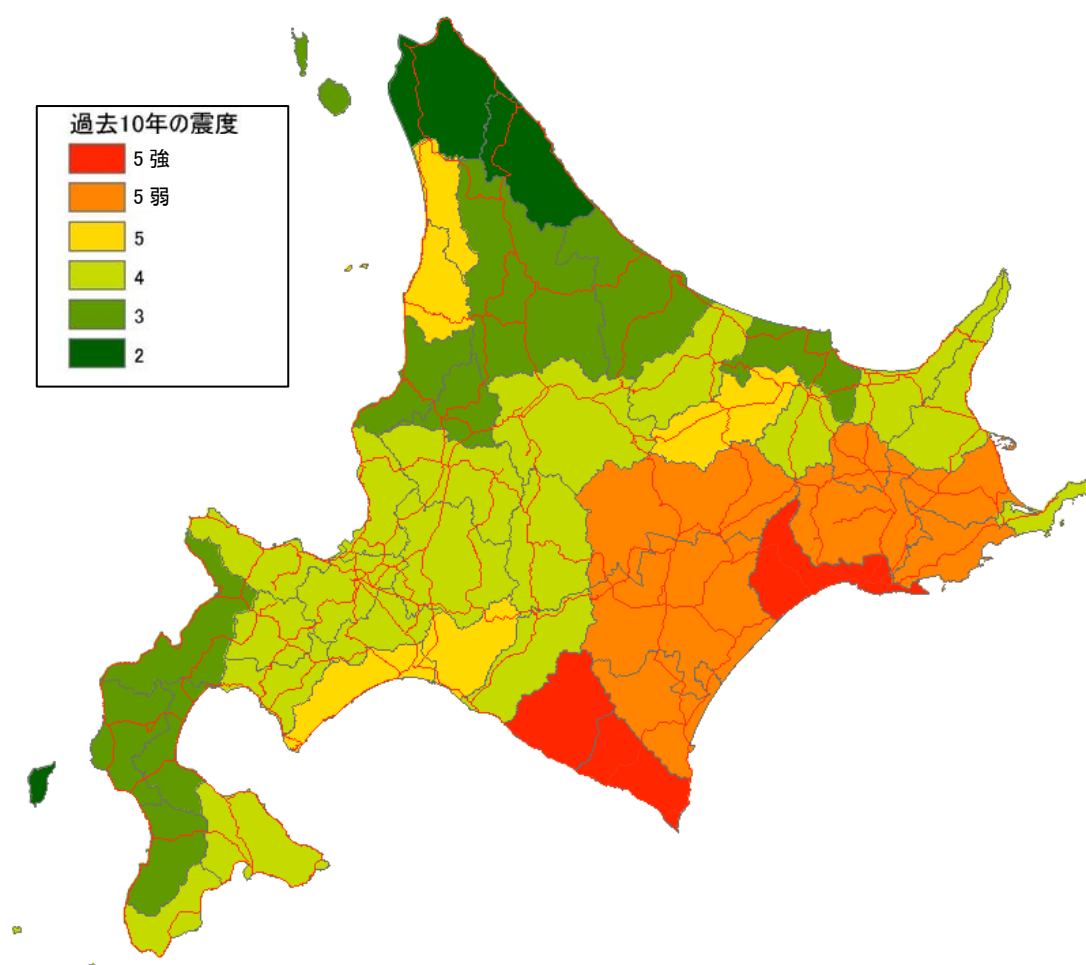


図 2-3 北海道各地における過去 10 年間の最大経験震度

2.2 経時変化の追跡

地山状況が経時的に変化していたところに、比較的小さな誘因が加わったことにより発生したとみられる例であり、「崩壊」については全 202 件中 5 件の事例が報告されている。地山の経時的な変化とは、点検等の確認で把握可能な場合があり、前回の点検時の状況との変化に留意した点検が望まれる。

【解 説】

道内で発生した事例のうち、明確な直接的原因によらず「経年変化」が直接的原因とされた事例が全 202 件中 5 件で報告されている。ただし、誘因が「不明」とされた事例（計 18 件）の中にも経年変化が主要因となっているケースも含まれると推定される。

「経年変化」に区分されるケースとは、地山状況が次第に変化し、かろうじて落下を免れていたところに比較的小さなトリガーが働き落下したケースといえる。地山表層部の荒廃化、露岩部の風化、端部侵食の進行などが考えられる。

以上は、定期点検等による確認で把握が可能な場合があり、前回の点検時の状況との変化に留意した点検が望まれる。

2.3 地山状況が激的に変化（荒廃化）した事例

記録的な強風を伴った台風の影響により、根曲がりを伴う樹木の倒伏や根切れなど、ある時期を境に地域の斜面の状況が激的に変化し、以降に土砂崩壊や落石が頻発するようになった事例がある。[石狩地方南部の例]

【解 説】

石狩地方南部のある地域では、平成 16 年秋の記録的な強風を伴った台風の影響により、根曲がりを伴う樹木の倒伏や根切れなど、地域の斜面の状況が激的に変化した。

当該区間約 7km の斜面区間では、平成 6 年～16 年間の災害履歴は「落石」が 3 件と比較的少なかったのに対し、平成 17 年から平成 18 年の 2 年間で「(土砂) 崩壊」が 5 件発生した。(なお、同区間では応急対策や通行規制によりその後の被災件数は減少している)

比較的広い範囲で地山の状況が激的に変化し、現道への影響が懸念された場合は、点検計画および通行規制等の対策方法を変更することが望まれる。

2.4 集中豪雨の増加

表層崩壊や土砂流出などの斜面災害をもたらす短時間集中型の豪雨が近年増加傾向にあり、今後もさらに増加すると予測されている。

【解 説】

日降水量 100mm以上を“豪雨”と扱い、過去約 100 年間における我が国の豪雨発生頻度をまとめてみると図 2-4 のように示される[文献 1]。また、図 2-5 は日本全国 51 地点における日降水量 100mm以上の年間日数（51 地点の平均）の経年変化である。これによると、1940 年頃を境にして、以降の年間豪雨日数が多くなり、しかも、各年毎の振れ幅が大きくなっていることが認められる。また、1993 年以降では年間豪雨日数が更に多くなる傾向がある。

最近の気象は、このような豪雨だけではなく、従来、経験したことのない異常気象といわれる事象が多発するようになり、それに伴う災害も発生しているようにみられる。これら異常気象は地球温暖化が関係している可能性があり、豪雨は常態化するだけではなく、むしろ増加する可能性が強いと予測されている。

以上のことから、短時間集中型豪雨に伴う斜面災害は今後増加するものとみて対応することが望まれる。

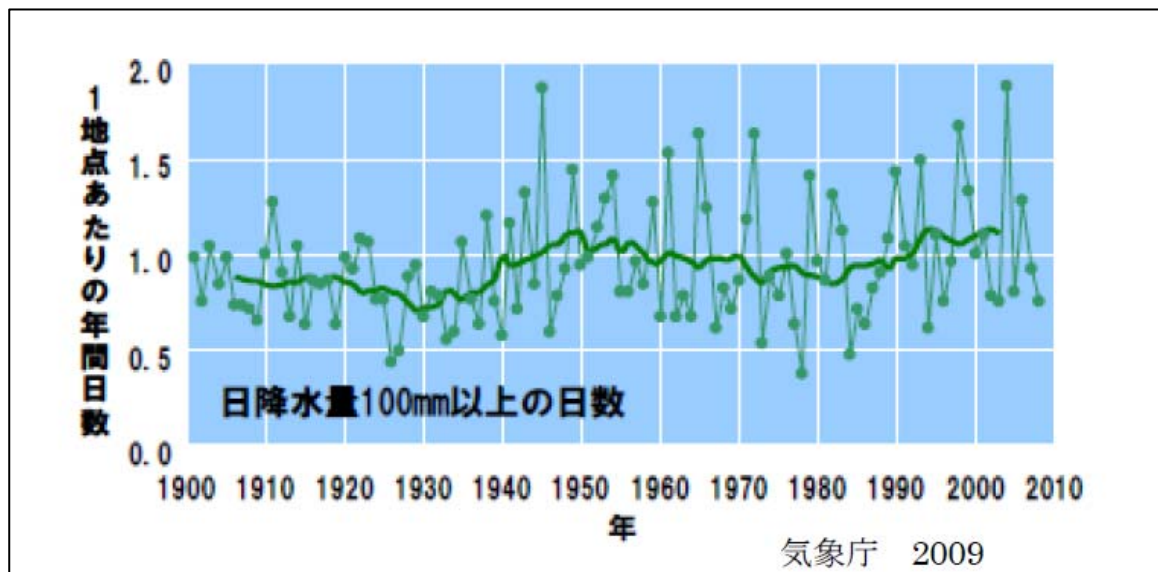


図 2-4 日降水量100mm以上（豪雨）の年間日数と長期変化傾向（日本）

（文部科学省／気象庁／環境省（2009）：温暖化の観測・予測および影響評価総合レポート「日本の気候変動とその影響より」）

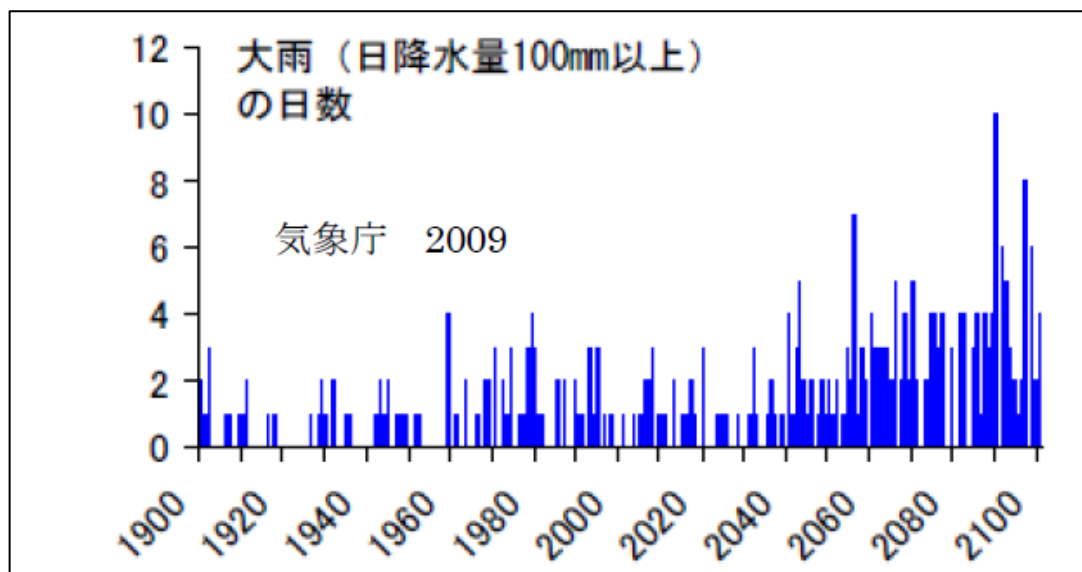


図 2-5 夏季（6～8月）日降水量100mm以上の年間日数変化予測（日本）
（文部科学省／気象庁／環境省（2009）：温暖化の観測・予測および影響評価総合レポート「日本の気候変動とその影響より」）

2.5 集中豪雨に伴う土砂流出

近年増加している短時間集中型の豪雨は、土砂崩壊のほか地表面水の流出や土砂流出を発生させる。

【解 説】

近年増加している短時間に集中的に降る降雨の場合は、「崩壊」のほか、地表面水の流出や土砂流出を及ぼす事例が道内でも増えている。この場合、土砂流出は流下速度が大きく、路面の広い範囲に及ぶ。

短時間の集中豪雨は予測が困難であるとされ、通行規制などソフト対策を含めた対応が望ましい。また、路面冠水の懸念も考えられる。

■代表的な事例

場 所	石狩市
崩壊年月	平成 22 年 8 月
崩壊規模	11 溪流から土砂流出（道路から搬出した土砂量は計約 2,000m ³ ）
被災状況	道路横断管埋没、道路・トンネル内に土砂氾濫。
地 形	海成段丘を流下する平均溪床勾配 7～36 度の溪流。
地 質	厚田層（泥岩）、火山角礫岩、段丘堆積物。
崩壊（被災） 原因	極めて局所的な短時間の集中豪雨により溪流水位が一気に上昇し、それに伴い溪床堆積物（土砂・流木）が流動化。



写真 2-2 集中豪雨に伴う土砂流出の事例（石狩市）

2.6 建設後 1～2 年以内の崩壊

建設後 1～2 年以内に崩壊する事例がある。このことから建設後まもない法面についても融雪期および豪雨時には注意した点検が望まれる。

【解 説】

建設後、1～2 年以内の法面において、融雪期および豪雨時に崩壊する事例がある。これは調査段階で予測できなかった災害素因が実際の現場斜面で顕在化するためである。

建設後、一定の期間においては、融雪や相応の豪雨を経験するまでは、詳細な点検や通行規制を併用して対応することが望まれる。

■代表的な事例 1

場 所	遠軽町
崩壊年月	平成 19 年 6 月
崩壊規模	幅 20m、高さ 13m
被災状況	盛土のり面表層排水の U 字トラフ埋没
地 形	尾根先端部、切土のり面（勾配 1 : 0.8～1 : 1.0）
地 質	第四系火山灰
発生原因	侵食に弱い地質、急勾配の切土。



写真 2-3 新規路線の崩壊例（遠軽町）

■代表的な事例 2

場 所	道央
崩壊年	平成 19 年
崩壊規模	幅 20m、高さ 13m
被災状況	切土後まもない斜面にクラック発生
地 質	第三系泥岩
発生原因	風化しやすい岩質

当該地点の地質は、風化のしやすい第三系の泥岩からなり、褶曲等の地殻変動も受けていた。実際工事中にも法面の変状や地すべり等が発生して対策工が施工されている箇所である。下の写真の例は切土工事中に発生したのり面崩壊である。この後も更に上部を（写真の森林が位置する箇所）を頭部とする地すべりが発生している。



写真 2-4 施工中に発生した法面の変状事例（道央）

2.7 点検後 1～2 週間で変状が進行した事例

点検の実施を開始して 1～2 週間以内に事象が顕在化した報告例がある。

[該当例：2 事例]

【解 説】

点検とは、斜面の状況を一定の間隔で確認するものであるが、融雪は融雪期点検の後にも継続して進行する場合がある。また、豪雨後点検も間隙水圧の低下の過程で実施している場合があることを念頭において点検計画を立案することが望まれる。

2.8 融雪期点検の時期

定期点検として実施される「融雪期」点検においては、地域別および年別の融雪状況を考慮し、適した点検時期を設定することが望まれる。

【解 説】

積雪寒冷地における融雪期においては、融雪に伴う出水や地盤の緩み等、斜面災害要因が顕在化して変状が発生しやすくなるため、適切な時期に点検を実施し、災害に至る要因を早期に発見することが望ましい。

一般に融雪期点検は融雪が完了してから実施するケースが多い。しかし、融雪期間中の点検またはパトロールの実施も望ましいといえ、危険と判断された箇所は、応急を含めたハード対策の早期実施が望ましいといえる。また、北海道内においても地域によって融雪時期が異なり、地域の融雪状況に応じた点検計画が望ましい。表 2-4 および図 2-6 に北海道における主要地点の平均的な融雪時期を示す（融雪時期は年によって異なるが、地域における相対的な目安として示す）。

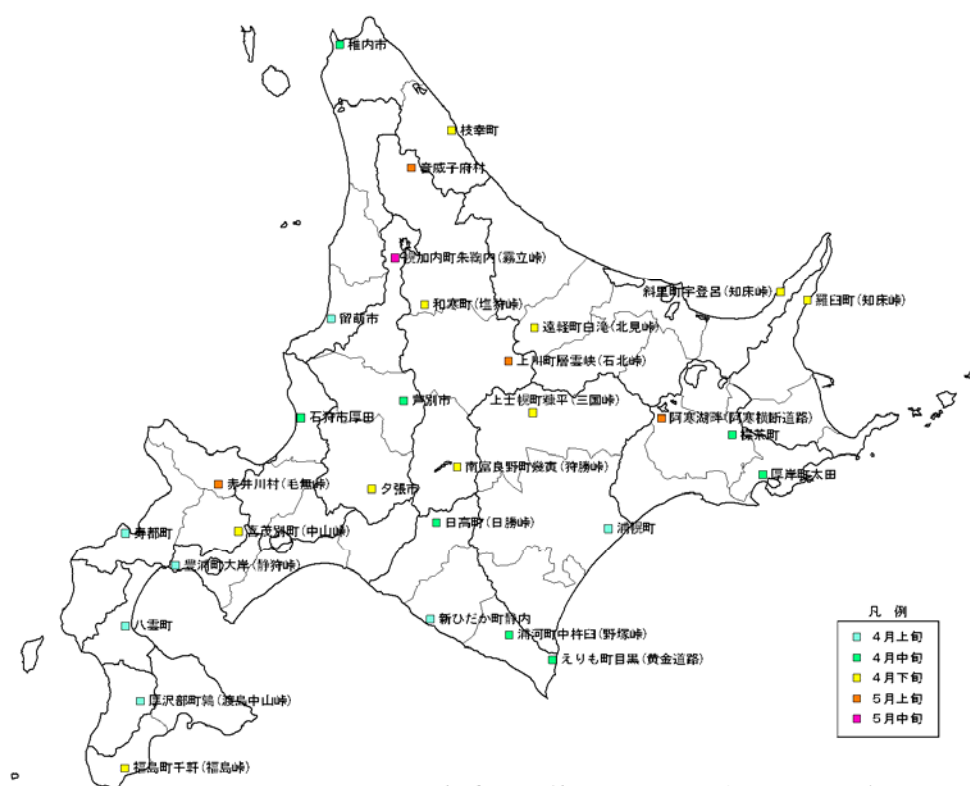
表 2-4 北海道における主要地域の融雪状況一覧 (5 カ年平均)

想定最深積雪0cm日

路線名	峠名など	アメダス			想定最深積雪0cm日 の時期	支庁区分 (アメダス箇所)
		引用箇所	想定最深積雪0cm日	注2)該当箇所		
227	渡島中山峠	厚沢部町鷺	4月7日	—	4月上旬	檜山
37	静狩峠	豊浦町大岸	4月8日	—	4月上旬	胆振
276	野塚峠	浦河町中杵臼	4月11日	4月28日	4月中旬	日高
274	日勝峠	日高町	4月17日	—	4月中旬	胆振
40	塩狩峠	和寒町	4月21日	—	4月下旬	上川
228	福島峠	福島町千軒	4月22日	4月27日	4月下旬	渡島
38	狩勝峠	南富良野町幾寅	4月25日	—	4月下旬	上川
333	北見峠	遠軽町白滝	4月28日	—	4月下旬	網走
273	三国峠	上士幌町糠平	4月29日	—	4月下旬	十勝
334,335	知床峠	羅臼町	4月29日	5月15日	4月下旬	根室
334	知床峠	斜里町ウトロ	4月30日	—	4月下旬	網走
230	中山峠	喜茂別町	4月30日	—	4月下旬	後志
393	毛無峠	赤井川村	5月3日	—	5月上旬	後志
39	石北峠	上川町層雲峡	5月6日	—	5月上旬	上川
239	霧立峠	幌加内町朱鞠内	5月16日	—	5月中旬	空知
38		浦幌町	4月1日	—	4月上旬	十勝
229		寿都町	4月1日	—	4月上旬	後志
235		新ひだか町静内	4月2日	—	4月上旬	日高
231,232,233		留萌市	4月4日	4月7日	4月上旬	留萌
5,277		八雲町	4月7日	—	4月上旬	渡島
40		稚内市	4月13日	—	4月中旬	宗谷
38,452		芦別市	4月13日	—	4月中旬	空知
274,391		標茶町	4月16日	4月25日	4月中旬	釧路
231		石狩市厚田	4月17日	—	4月中旬	石狩
44		厚岸町太田	4月18日	—	4月中旬	釧路
336	黄金道路	えりも町目黒	4月18日	—	4月中旬	胆振
238		枝幸町	4月24日	—	4月下旬	宗谷
274,452		夕張市	4月28日	—	4月下旬	空知
241	阿寒横断道路	阿寒湖畔	5月2日	—	5月上旬	釧路
40,275		音威子府村	5月3日	—	5月上旬	上川

注1) 想定最深積雪0cm日は、日最深積雪値の5年間(2005～2009年)平均値を求め、「0.00cm以下」を示した日とした。

注2)「最深積雪0.00cm以下」を示した後、「同0.01cm以上」を示す日が1日のみであれば、その日を無視して想定最深積雪0cm日を決定した。



想定最深積雪深0cm日図(2005～2009年の平均より算出)

図 2-6 北海道における主要島の融雪時期

3. 現地点検において着目すべき箇所

3.1 着目すべき地形箇所

「崩壊」が発生した斜面に多い地形として、遷急線、集水性地形、崖錐地形、崩壊跡、尾根先端部、オーバーハング、台地裾部等が挙げられる。

【解 説】

道内の崩壊事例調査の結果、「崩壊」が発生した全 202 件に認められた地形として、遷急線（74 件）、集水性地形（64 件）、崖錐地形（37 件）、崩壊跡（17 件）、尾根状先端部（13 件）、オーバーハング（11 件）、台地裾部（6 件）等が挙げられている[複数回答あり]。

	該当件数（件）
遷急線	74
集水性地形	64
崖錐地形	37
崩壊跡	17
尾根先端部	13
オーバーハング	11
台地裾部	6
脚部侵食	1
土石流跡地	1
地すべり地形	1
突出露岩部	1
その他	28
全事例件数	202

崩壊発生箇所の地形的特徴

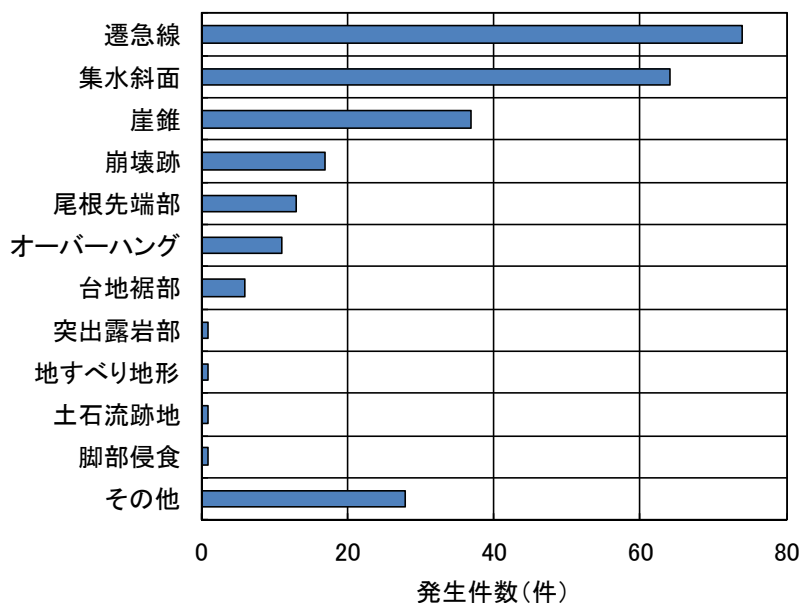


図 3-1 崩壊発生箇所の地形的特徴

■代表的な事例

場 所	石狩市
崩壊年月	平成 18 年 4 月
崩壊規模	幅 15m、高さ 5～6m、厚さ 2m 約 180m ³
被災状況	道路センターラインを越えて反対車線まで流出。
地 形	比高 10m 付近までは法面、上部は勾配約 10° の自然斜面で、尾根に挟まれた沢状地形。
地 質	新第三紀の安瀬集塊岩層（滑落崖は凝灰角礫岩の強風化部～崖錐堆積物）。
発生原因	・ 集水地形の末端部に位置する法面部に融雪水が集中。 ・ 頭部排水の目詰まりによる排水機能の低下。



写真 3-1 集水斜面の崩壊例（石狩市）

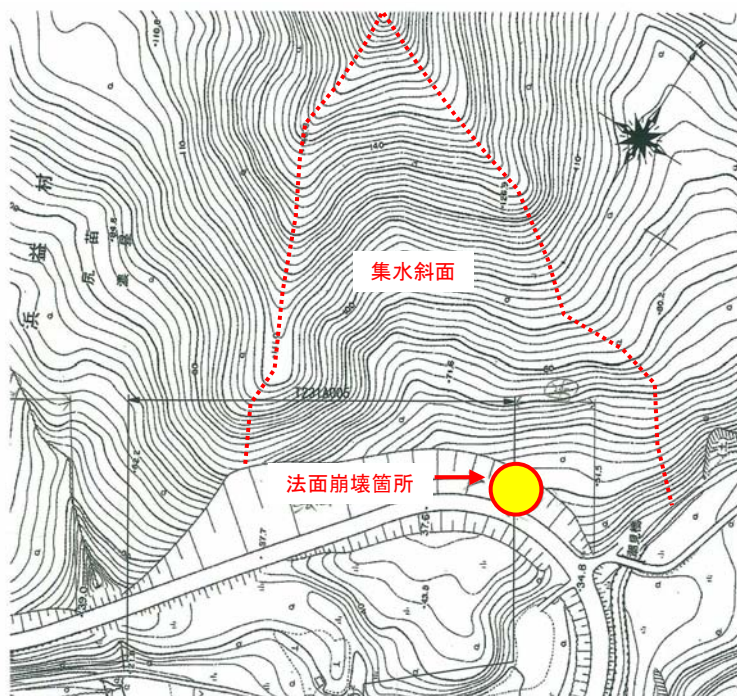


図 3-2 同上（集水斜面の例）

3.2 過去の崩壊履歴箇所

過去の崩壊履歴箇所およびその周辺の共通する要素をもつ斜面では特に注意した点検が望まれる。

【解 説】

過去の崩壊履歴箇所およびその周辺の類似斜面では繰り返して崩壊が発生する可能性がある。特に過去の崩壊発生時に大型土のう設置やブルーシートで対処されたケースなど、抜本的対策が図られたとはいえない箇所では、その後の地山の経年変化や、当時を上回る大きさの誘因によって再発する懸念があると認識して点検することが望まれる。

また、崩壊の発生履歴箇所周辺の類似斜面も、地形、表層地質、植生、建設時の工法および気象条件など共通する要素が多いため、同様に注意した点検が望まれる。

■代表的な事例

場 所	岩内町
崩壊年月	平成 22 年 8 月
崩壊規模	幅 5m、高さ 4m、厚さ最大 2m 約 15m ³
被災状況	崩土が泥濘化し、道路に広く流れて拡散。
地 形	高さ 15m 前後ののり面。
地 質	新第三系または第四系火山岩・火山砕屑岩（火山角礫岩）。
発生原因	・ 降雨 ・ 遮水シートによる簡易で済ませた過去の崩壊跡が経年劣化。



写真 3-2 過去の崩壊履歴箇所の崩壊例（岩内町）

3.3 応急対策中の箇所

応急対策工は、抜本的な恒久対策工に比較し一般的に対策の量および信頼性が劣る。このことから抜本的な対策が図られるまでは特に留意した点検が望まれる。

【解 説】

応急対策実施箇所は、詳細調査を実施されたうえで対策工の指針に従って設計された恒久対策工（抜本的対策工）に比較し、対策の量が少ない場合や信頼性が低い場合がある。

具体的には、土のう背面に既に土砂が堆積している上をオーバーフローするケースや、ブルーシートが強風で剥がれ、隙間から地表面水が流入したりするケース、仮設切土をしていても風化の防止がなされていなかったりするケースが挙げられる。

■代表的な事例

場 所	神恵内村
崩壊年月	平成 19 年 9 月
崩壊規模	幅 8m、高さ 4m、厚さ 2m。
被災状況	崩土は斜面内・斜面裾に堆積（旧崩壊面を被覆していたブルーシート剥離）。
地 形	のり面、沢型地形。
地 質	第四系（沖積）砂、礫、粘土。
発生原因	背後の沢型地形から多量の流水が供給。



写真 3-3 応急対策箇所の崩壊例（神恵内村）

3.4 湿地性植物の多い斜面

湿地性の植物のうち崩壊斜面の近傍において最もよく見られる植物として、イタドリ、フキ、アシ、シダ、コケ等が挙げられる。

【解 説】

湿地性の植物の多い箇所は、みず道や湧水箇所となっていることが多い。崩壊斜面の近傍においてこれらの植物がみられる場合でも同様に留意した点検が望まれる。

■代表的な事例

場 所	幕別町
崩壊年月	平成 19 年 9 月
崩壊規模	幅 20m、斜面中腹に 0.3～0.5m の段差発生。
被災状況	土砂を含む表流水が現道に流入（現道センターライン内）。
地 形	比高 3～5m、勾配 1：1.2 の切土法面。沢地形、背後は耕作地。
地 質	第四系砂、礫、粘土（段丘堆積物、礫混じり粘性土）。
発生原因	上部耕作地から集水された多量の湧水がパイピングを起こしたため。



写真 3-4 湿地性植物が生育する斜面の例（幕別町）

3.5 切土された集水斜面

集水斜面地形部で切土された箇所の斜面は特に注意した点検が望まれる。

【解 説】

集水斜面部で切土がなされた斜面は特に注意した点検が望まれる。これは、湿潤時期以外は流水がなくとも、豪雨時や異常気象時には状況が顕在化するため、豪雨時に備えた相応の排水設備があるかの確認が望まれる。

■代表的な事例

場 所	北見市
崩壊年月	平成 19 年 4 月
崩壊規模	幅 10m、高さ 12m、厚さ 0.2m。
被災状況	のり尻の河川に厚層基材流出。
地 形	比高約 15m、のり面勾配 1 : 1.5 の切土のり面。のり面背後は勾配 20° 以下の自然斜面で集水地形。
地 質	中生代白亜紀佐呂間層群（砂岩）
発生原因	・集水地形における融雪水。 ・切土のり面の水処理不足。



写真 3-5 切土された集水斜面の崩壊例（北見市）



写真 3-6 同上 流出状況



写真 3-7 同上 頭部滑落状況

3.6 遷急線より上位の土地利用状況（その１） ー地表面水の流入ー

背後に水田や畑地など人工的に改変された土地利用がなされている場合、流末水路の容量不足や集水面積の変化から、地表面水が法面に流入する場合がある。

【解 説】

道路隣接斜面の背後に段丘地形や丘陵地などを水田や畑地などの耕作地として利用している場合があり、地形の起伏により集水地形となっていることがある。また、耕作地は広大であることが多く、特に降雨時や融雪期は凹地においては多量の表流水が集中する。低い切土法面においても崩壊が発生している事例が数件あり、同様な地形条件に留意が望まれる。

■代表的な事例

場 所	芦別市
崩壊年月	平成 17 年 8 月
崩壊規模	幅 4m、高さ 4m、厚さ 0.5m 約 8m ³
被災状況	斜面内・斜面裾に崩土堆積。
地 形	段丘面（水田）の末端部。
地 質	第四系（沖積）砂、礫、粘土。
発生原因	降雨や上方の水田からの表流水が流入し、表層の礫混じり砂の強度が著しく劣化して安定性を失った。



写真 3-8 地表面水の流入による崩壊例（芦別市）

3.7 遷急線より上位の土地利用状況（その２） ー保水性の低い牧草地ー

背後に牧草地など人工的に改変された土地利用がなされている場合、表層の保水性の低下などにより、地表面水が法面に流入する場合がある。

【該当例 2 件以上あり】

【解 説】

崩壊斜面の遷急線より上位には牧草地となっている箇所における崩壊事例がある。これは、表土や自然の植生が繁殖した地域に比較し、保水性が低いことが原因とみられている。また、牧草地のほか、樹木が伐採された森林域の谷側に位置する斜面でも留意した点検が望まれる。

なお、上記の土地のうち、集水地形となっている部分や、牧草地の排水部周辺ではさらに注意した点検が望まれる。

■代表的な事例 1

場 所	幕別町
崩壊年月	平成 19 年 10 月
崩壊規模	幅 5m、高さ 12m、厚さ 0.3m 約 20m ³
被災状況	クリアランスおよびポケット内。
地 形	高さ 10m、勾配 40° の切土法面。法面上部は牧草地。
地 質	先新第三系堆積岩（細粒砂岩、脆弱なシルト～細粒砂、礫混じり土）
発生原因	法面上部（牧草地）の保水性が低いこと（風化した砂岩と表土の間から湧水あり）。



写真 3-9 法面上部が牧草地の崩壊例（幕別町）

■代表的な事例 2

場 所	浦河町
崩壊年月	平成 20 年 9 月
崩壊規模	延長 10m、高さ 3～4m。
被災状況	道路上に土砂流出。
地 形	比高約 5m の切土法面。背後は牧草地、崩壊箇所に向かって集水地形。
地 質	第四系（沖積）砂、礫、粘土。
発生原因	集水地形端部における降雨に伴う浸透水



写真 3-10 法面上部が牧草地の崩壊例（浦河町）



写真 3-11 同上 崩壊地上部の牧草地（浦河町）

3.8 根曲がりを伴う倒木が多い斜面

根曲がりを伴う倒木が多く認められる斜面は、樹木の“根切れ”や肌落ちに伴う表層の張力の低下および保水性の低下から表層崩壊が発生しやすくなるケースがある。

【該当例：5件】

【解 説】

強風を伴った台風や落葉前の着雪により大規模な倒木被害が発生した斜面においては、その後数年間にわたって降雨時の表層土砂の安定性に影響を与える可能性がある。道内では H16 年秋の風台風の影響により、その時点から過去 10 年間、土砂崩壊の発生がなかった支笏湖畔道路において、その後 2 年間の間に 5 件の表層崩壊が発生した。特に広葉樹を主体とする斜面において多数の倒木が発生している場合には留意した点検が望まれる。

■代表的な事例

場 所	千歳市
崩壊年	平成 17 年
崩壊規模	幅 30m、高さ 50m、厚さ 0.5m 約 900m ³
被災状況	土砂・岩塊・樹木が現道を覆って支笏湖に流入。湖岸擁壁破損。
地 形	支笏湖の北側外輪山、斜面勾配約 45°。
地 質	新第三紀～第四紀の安山岩類を基盤、表層は厚さ 1m 程度の火山灰質礫混じり土砂。
発生原因	降雨（2 日間の総雨量 277mm）、前年に風倒木被害あり。



写真 3-12 風倒木被害の影響による崩壊発生例（千歳市）

3.9 待受式対策工背面の残雪 ―残雪上のオーバーフロー―

斜面裾部のポケットや落石防護擁壁、大型土のうの背面においては、残雪の堆積によりクリアランスが埋積され、崩壊土砂がオーバーフローして道路に到達してしまう場合が懸念される。

〔該当例：1件以上あり〕

【解 説】

落石防護擁壁や大型土のう設置箇所は、通常、背面にクリアランスが確保されているが、積雪により背面クリアランスが埋没している場合には、落石やおよび崩壊発生時に積雪部がスロープとなり、その上部を通過して道路等へ到達する懸念がある。

融雪初期に発生しやすく、融雪進行に伴う斜面表層の露出かつ斜面下部の残雪がみられる場合は特に留意した点検が望まれる。

特に融雪初期は、落石の発生源となる斜面の中～上部で融雪が進み、地山が露出している一方、斜面下部では前述の状況となっている段階が存在する。また、融雪期の残雪の場合は、斜面裾に硬く締まった状態で残存するため一般的に緩衝力が低い。

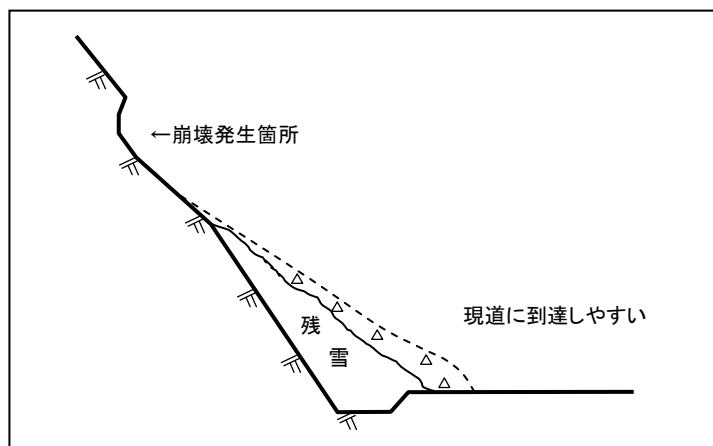


図 3-3 法尻の堆雪状況 模式図

3.10 道路より谷側の斜面（その１）－海岸侵食－

海岸沿いの道路では、海岸侵食によって現道より谷側の斜面で崩壊や侵食が進行している事例がある。

〔道内各地で事例あり〕

【解 説】

海岸侵食や河川洗掘により、現道から谷側斜面で崩壊や侵食が進行している場合がある。これは山側斜面での変状と異なり、パトロールなど一般に現道からの目視で観察できない点で気づかぬうちに進行し、被害を大きくするケースがある。

また、主に海水や河川の侵食による地形変化は速度が速いことも発見の遅れにつながる。

海岸侵食については、近年の砂防事業の推進、温暖化に伴う海水準変動、海流の変化により、全国各地で進行が顕著であるが、北海道でも同様である。

■代表的な事例

場 所	道東
崩壊年	平成 16 年
崩壊規模	延長約 200m
被災状況	道路海側斜面の侵食
地 形	海岸段丘地形
地 質	第四系砂、礫、粘土
発生原因	海岸侵食による洗掘



写真 3-13 道東の海岸における海岸侵食の例（道東の事例）

3.11 道路より谷側の斜面（その2） ―河川洗掘―

河川洗掘により、現道から谷側斜面で崩壊や侵食が進行している場合がある。

[1 件以上の事例あり]

【解 説】

海岸侵食や河川洗掘により、現道から谷側斜面で崩壊や侵食が進行している場合がある。これは山側斜面での変状と異なり、パトロールなど一般に現道からは目視で観察できない点で気づかぬうちに進行し、被害を大きくするケースがある。

近年急増している集中豪雨の影響もあり、河川の侵食による被害も発生しており、海岸侵食、河川侵食ともに、侵食が開始してから現道に直接的な被害を及ぼすまでの時間は極めて速い。

■代表的な事例

場 所	白糠町
崩壊年月	平成 21 年 6 月
崩壊規模	延長 70m
被災状況	道路崩壊（全車線） L=約 140m、V=約 4,500m ³
地 形	河川の水衝部
地 質	第四系砂、礫、粘土
発生原因	降雨による河川の増水



写真 3-14 河川洗掘による崩壊例（白糠町）

3.12 雪崩覆道上の崩壊土砂

雪崩覆道（スノーシェッド）の山側斜面で崩壊が発生して、崩壊土砂が雪崩覆道上に堆積している場合がある。現道からの観察では確認できないため留意した点検が望まれる。

〔落石とあわせて複数例の報告あり〕

【解 説】

雪崩覆道（スノーシェッド）または古い時代に設計された落石覆道において山側斜面で崩壊が発生して崩壊土砂が覆道上に堆積して、構造的に荷重が許容値を上回っている場合がある。落石兼用型の雪崩覆道でも許容される落石荷重相当でφ30～50cm程度までのものも多い。

特にカルテ点検等の対象となっている場合を除き、覆道の上の状況は確認されない場合が多く、発見が遅延されにくい場合が想定される。なお、覆道の山側にポケットが存在する場合でも、融雪時に残雪が崖錐状に残存している場合も多く、その上をオーバーフローして覆道上に到達する例も存在する。



写真 3-15 覆道上に到達した土砂の例
（この場合は、残雪の上をオーバーフローして覆道上に到達：羅臼町）

3.13 排水設備の破損・機能不全箇所

既存排水設備の破損による漏水や排水パイプが目詰まりを起こしたことが原因で斜面を不安定化させた事例がある。

【解 説】

排水設備における土砂堆積や目詰まり、破損による漏水が崩壊を引き起こした事例がある。これは地形地質的な素因ではなく人為的な要因ともいえる。

また、排水設備の破損とは、集水された地表面水を特定の箇所に集中してダメージをあえることから、該当部分への影響は大きい。一般に排水設備については点検がなされないことがあり、状況に応じて斜面点検時にも留意することが望ましい。

■代表的な事例 1

場 所	新ひだか町
崩壊年月	平成 20 年 10 月
崩壊規模	幅 7m、高さ 5m、深さ 0.5～1.0m 約 30m ³
被災状況	崩土が山側車線を塞いでいた。
地 形	比高約 10m、下部 2～3m が切土のり面。崩壊部は凸状地形。
地 質	新第三系または第四系（洪積）堆積岩（強風化岩）。
発生原因	埋設されていた塩ビ管の継ぎ目が離れ、そこから地表にもれた排水が斜面に流入、浸透。

■代表的な事例 2

法面の水抜きパイプにコケ等の繁殖が目詰まりの原因となったり、地すべり対策で用いられている水抜き横ボーリングで錆などの腐食物が堆積したりする事例がある。これらの施設は定期的な維持管理が望まれるが、実質的に実施されている例は多くない。

水抜き穴の機能が低下した場合の問題点は、排水不能になった水により地下水位が上昇することや、逆流した水が地中のクラック内に流入する可能性も考えられる。

対応としては定期的に点検を実施し、状況に応じて水抜き孔の洗浄を実施する。



写真 3-16 排水ボーリングの錆びによる目詰まり
(農林水産省資源化資料より)

3.14 表層保護工の周囲部からの崩壊

法枠工など対策完了箇所においても、施工範囲の周囲部で新たな崩壊が発生している事例がある。

〔複数事例あり〕

【解 説】

対策範囲の不足が原因であるが、特に対策が完了した時点で効果を見極めずに点検を終了した場合は、新たな変状の把握が遅れることが想定される。

対策範囲を決定する段階のほか、点検終了の判断も慎重に行うことが望まれる。また、対策完了箇所についても概略的に状況確認を行うことが望ましいといえる。

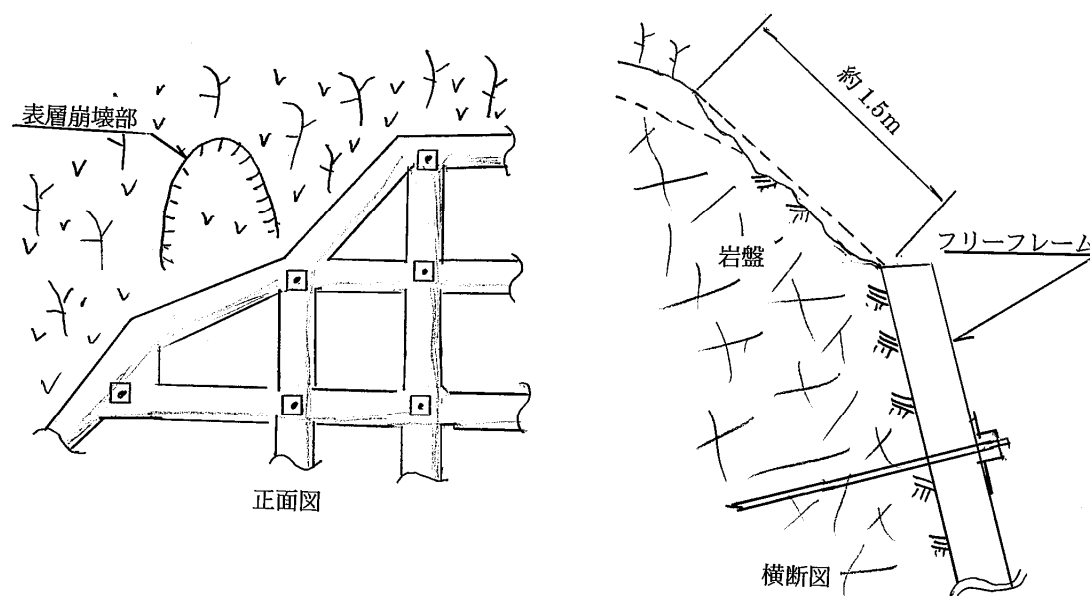


図 3-4 法枠周囲で発生した表層崩壊事例（羅臼町の事例の模式図化）

■代表的な事例

場 所	石狩市
崩壊年	平成 20 年
崩壊規模	幅 3m、厚さ 0.1m
被災状況	のり尻に崩土が堆積してトラフ埋没。
地 形	比高 60m、斜面勾配 55° の切土法面、尾根先端部。
地 質	安山岩（風化岩）
発生原因	対策範囲の不足



写真 3-17 表層保護工周囲からの崩壊例（石狩市）

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料

【岩盤崩壊編】

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料

【岩盤崩壊編】

目 次

1. 道内で発生した「岩盤崩壊」に関する基礎的データ	1
1.1 「岩盤崩壊」の発生時期	1
1.2 「岩盤崩壊」の発生誘因	2
1.3 「岩盤崩壊」発生箇所の斜面の種類	3
1.4 「岩盤崩壊」発生部の勾配	4
1.5 「岩盤崩壊」発生箇所の分布	6
1.6 崩壊の規模	8
1.7 地質の種類	9
1.8 局所破壊	11
1.9 岩盤の不均一性	11
1.10 想定される崩壊形態	12
1.11 崩壊土量と到達度の関係	13
2. 点検の計画に関わる留意事項	14
2.1 「誘因」の特徴を踏まえた点検留意事項	14
2.1.1 地震	14
2.1.2 降雨	16
2.1.3 凍結融解	16
2.1.4 融雪	16
2.2 経時変化の追跡	17
2.3 ランクⅢ、スクリーニング対象外の箇所の点検	18
2.4 豪雨から崩壊発生までの遅延	18
2.5 地震発生から崩壊発生までの遅延	19

3. 現地点検において着目すべき箇所	20
3.1 着目すべき地形箇所	20
3.2 不連続構造	22
3.3 岩質の変化　—風化・変質—	24
3.4 白色鉱物脈	25
3.5 脚部侵食	26
3.6 軟岩の急崖斜面	28
3.7 浅海底地形	29
3.8 湧水	30
3.9 雪崩覆道・落石覆道上の岩塊	31
4. その他の留意事項　—岩盤崩壊の前兆現象—	32

はじめに

『積雪寒冷地における斜面点検』の参考資料（以下、本資料）とは、平成 24 年末までに北海道内で発生した 552 件の斜面崩壊等の事例分析の結果をもとに、実際の斜面防災で有効とみられる情報や知見を抽出して斜面防災に活用できる形でとりまとめた参考資料である。

本編はこのうち「岩盤崩壊」に関してとりまとめた。「落石」と「崩壊」は別添資料にとりまとめている。

1. 道内で発生した「岩盤崩壊」に関する基礎的データ

1.1 「岩盤崩壊」の発生時期

「岩盤崩壊」の発生時期については、年間を通じて発生する傾向がある。

【解 説】

図 1-1 は道内の崩壊事例調査による「岩盤崩壊」発生の月別件数を示す。「落石」はいずれも融雪期に集中し、「土石流」は夏の豪雨期、「崩壊」は融雪期と豪雨期に多いのに対し、「岩盤崩壊」は、全体の件数は多くないものの年間を通じて発生している傾向がある。なお、グラフでは7月にピークを示しているが、これは1993年7月の南西沖地震による事例が7件を占めているためである（また、2003年9月の十勝沖地震における「岩盤崩壊」としての報告例は2件であった）。

年間を通じて突出した変動がない理由としては、「崩壊」などに比較し、降雨を誘因とする例が少ないこと、および冬期間の凍結融解を原因とする例が一定件数あることが挙げられる。

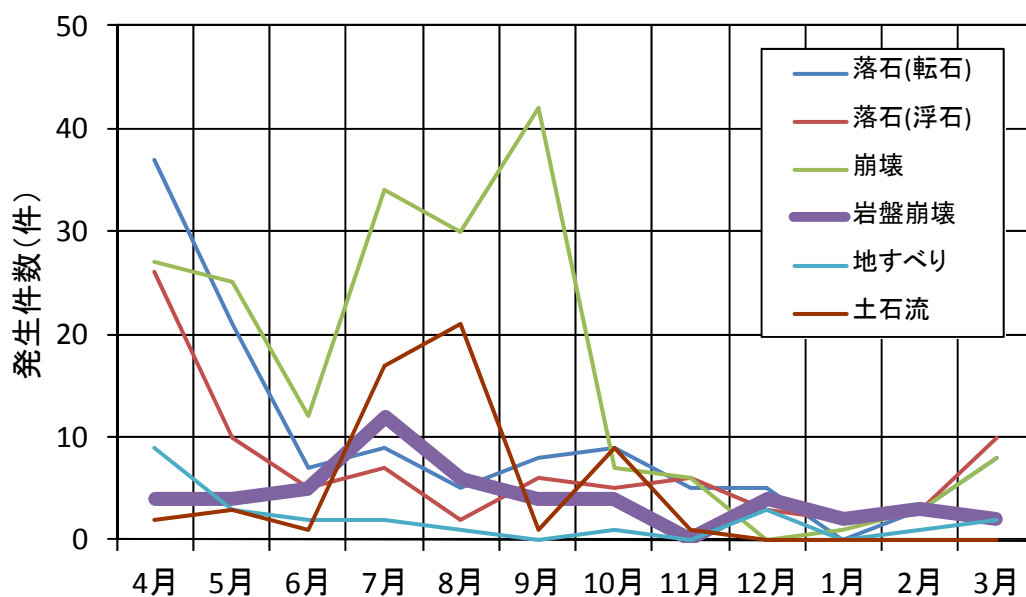


図 1-1 道内における崩壊等の月別発生件数

1.2 「岩盤崩壊」の発生誘因

岩盤崩壊発生の誘因として、地震、降雨、凍結融解、融雪、経年変化の順で高いが、特定の誘因によらない経年変化や不明に該当するものも多い。

【解 説】

他の災害種では事象発生の誘因として、降雨、融雪の占める割合が高いが、「岩盤崩壊」では、地震、降雨、凍結融解、融雪の影響が主な誘因となっている。

一方、「落石」や「崩壊」に比較し、「経年変化」または「不明」とされている事例が多い。「経年変化」は、地形地質的素因が経年的に拡大していたところに小さな誘因があいまって崩壊した事例であるが、「不明」が多いことは崩壊機構の解明が容易ではないことを示している可能性がある。

表 1-1 岩盤崩壊の誘因

	発生件数(件)	構成比(%)
地震	11	20.0
降雨	10	18.2
凍結融解	8	14.5
融雪	5	9.1
経年変化	5	9.1
人為的なもの	1	1.8
河川侵食	1	1.8
不明	14	25.5
合計	55	100.0

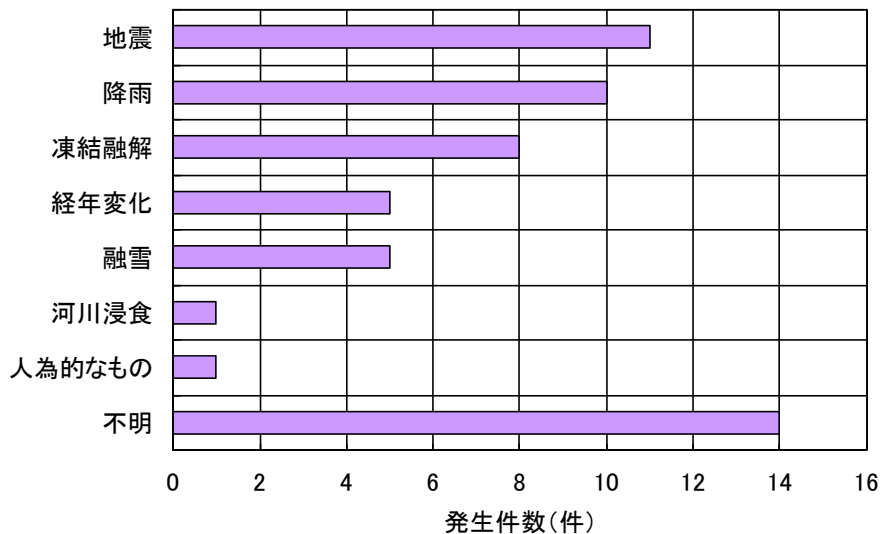


図 1-2 岩盤崩壊の誘因

1.3 「岩盤崩壊」発生箇所の斜面の種類

「岩盤崩壊」は、ほとんどが自然斜面の露岩部で発生している。

【解 説】

「岩盤崩壊」が発生した斜面は、自然斜面から発生しているものが約 9 割以上※を占め、（土砂）「崩壊」では約 6 割程度となっているのと異なる。また、自然斜面うち、表層は露岩部が主であり、木本等の繁殖した斜面は少ない。

※一部岩切工等の施工された露岩部を含む。

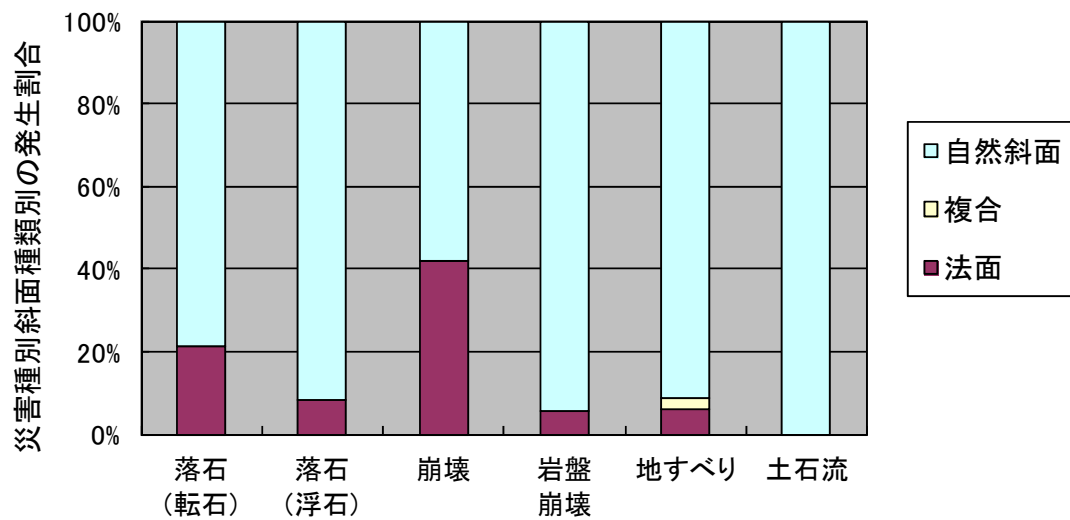


図 1-3 「岩盤崩壊」等が発生した斜面の種類

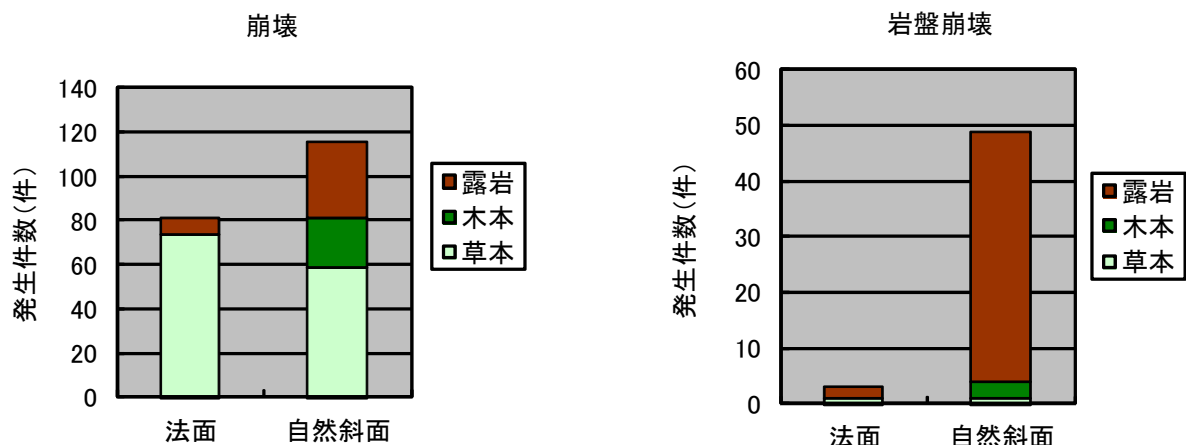


図 1-4 「岩盤崩壊」等が発生した斜面表層の状況

1.4 「岩盤崩壊」発生部の勾配

「岩盤崩壊」は、60°以上の急傾斜部で発生する事例が多い。

【解 説】

道内で発生した 55 件の事例調査の結果によると、「岩盤崩壊」が発生した斜面の傾斜は主に 60～90° 以上（オーバーハング部）で発生しており、平均で約 70° となっている。また、30° 未満の斜面での発生は確認されていない。

これは転石型の落石や「崩壊」に比較して明らかに急な箇所において発生しており、浮石型の落石に近い傾向を示している。

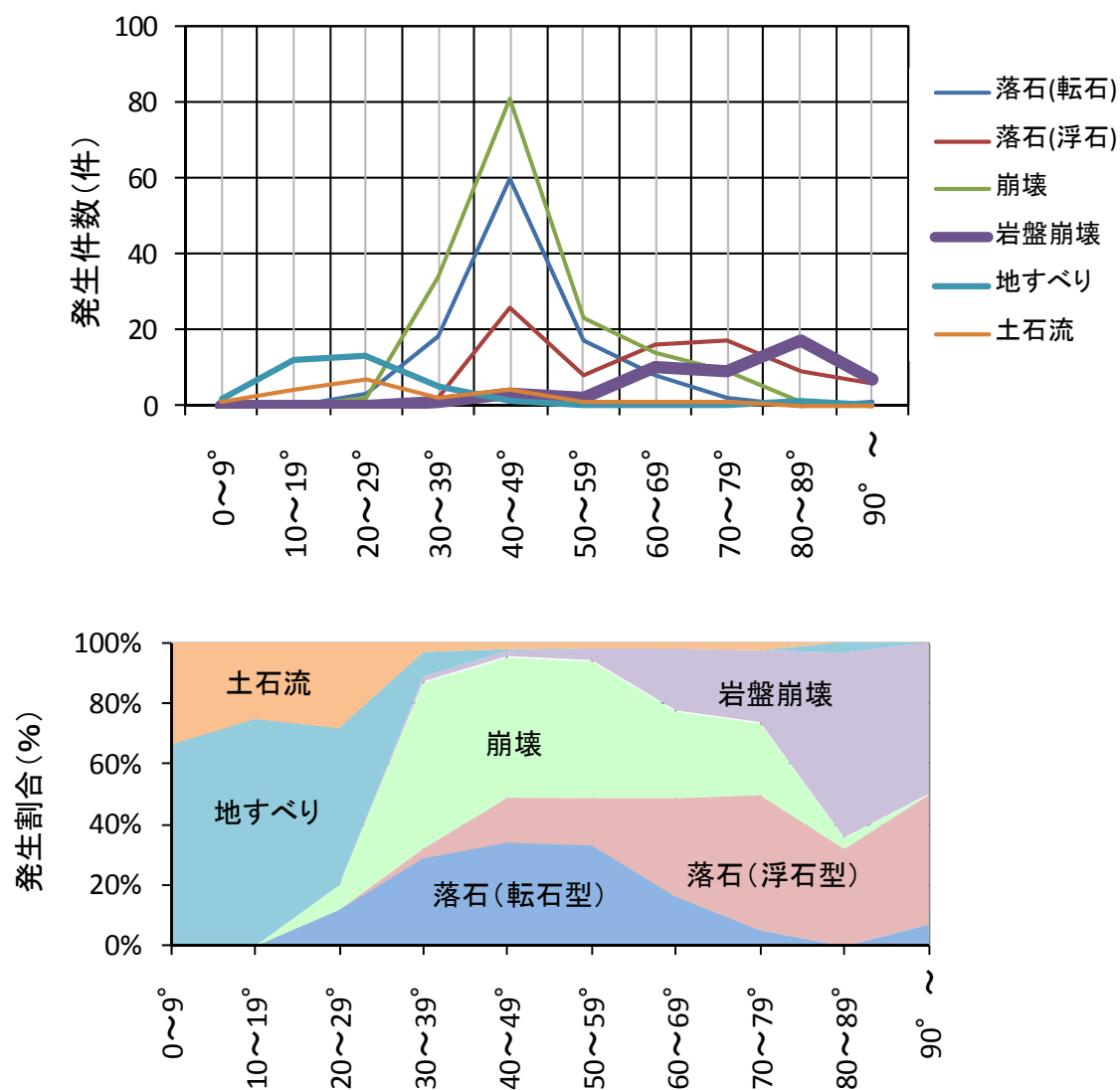


図 1-5 崩壊等の発生源の勾配

■代表的な事例

場 所	小樽市
崩壊年月	平成 19 年 5 月
崩壊規模	幅 15m、高さ 15m、厚さ 2m 約 500m ³
被災状況	崩土が対向車線に到達し、車両 4 台、擁壁・照明柱・誘導標識破損
地 形	比高 72m、下部から約 53m 付近まで勾配約 90 度、上部は 45 度。崩落した急崖部分は奥行き約 2.5m のオーバーハングを形成していた。
地 質	新第三系または第四系火山岩・火山碎屑岩（凝灰角礫岩）
発生原因	鉛直な亀裂に地表面水が流入して、岩盤強度が長期的に劣化。



写真 1-1 急崖斜面における岩盤崩壊の発生例（小樽市）

1.5 「岩盤崩壊」発生箇所の分布

事例調査における「岩盤崩壊」の報告箇所の地理的な分布をみると、国道においては小樽管内の国道 229 号、えりも国道 336 号および留萌管内の国道 231 号で集中が認められるほか、内陸部にも点在している。

【解 説】

事例調査で「岩盤崩壊」が発生した箇所の地理的な分布をみると、小樽管内の国道 229 号の小樽～積丹間および岩内～島牧間、えりもから広尾の国道 336 号（いわゆる黄金道路）、および留萌管内の国道 231 号の厚田～増毛間で集中が認められる。それ以外では、網走管内の国道 333 号北見北陽や旭川管内の 39 号層雲峡といった内陸で大規模崩壊が散在している。

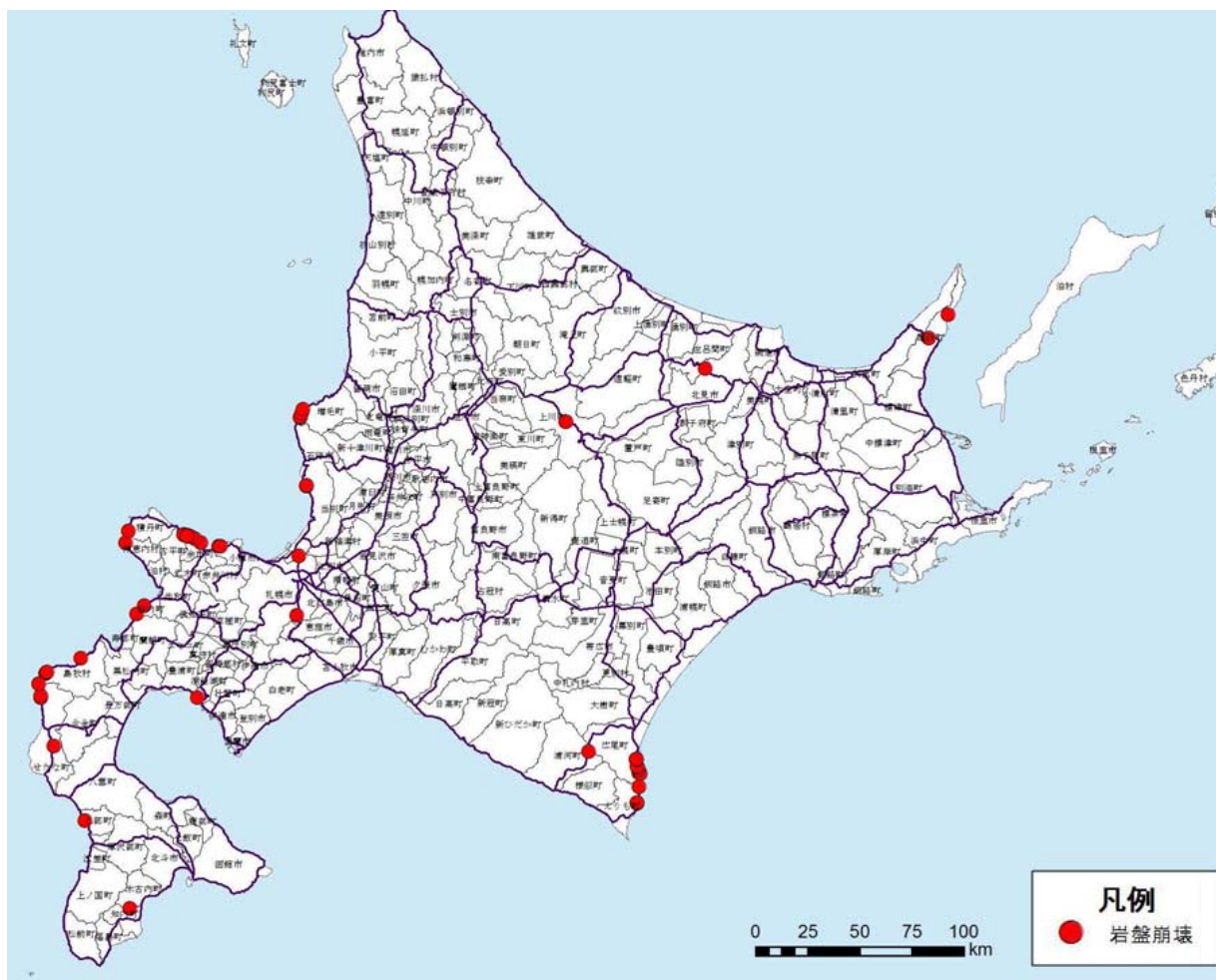


図 1-6 岩盤崩壊発生箇所の分布

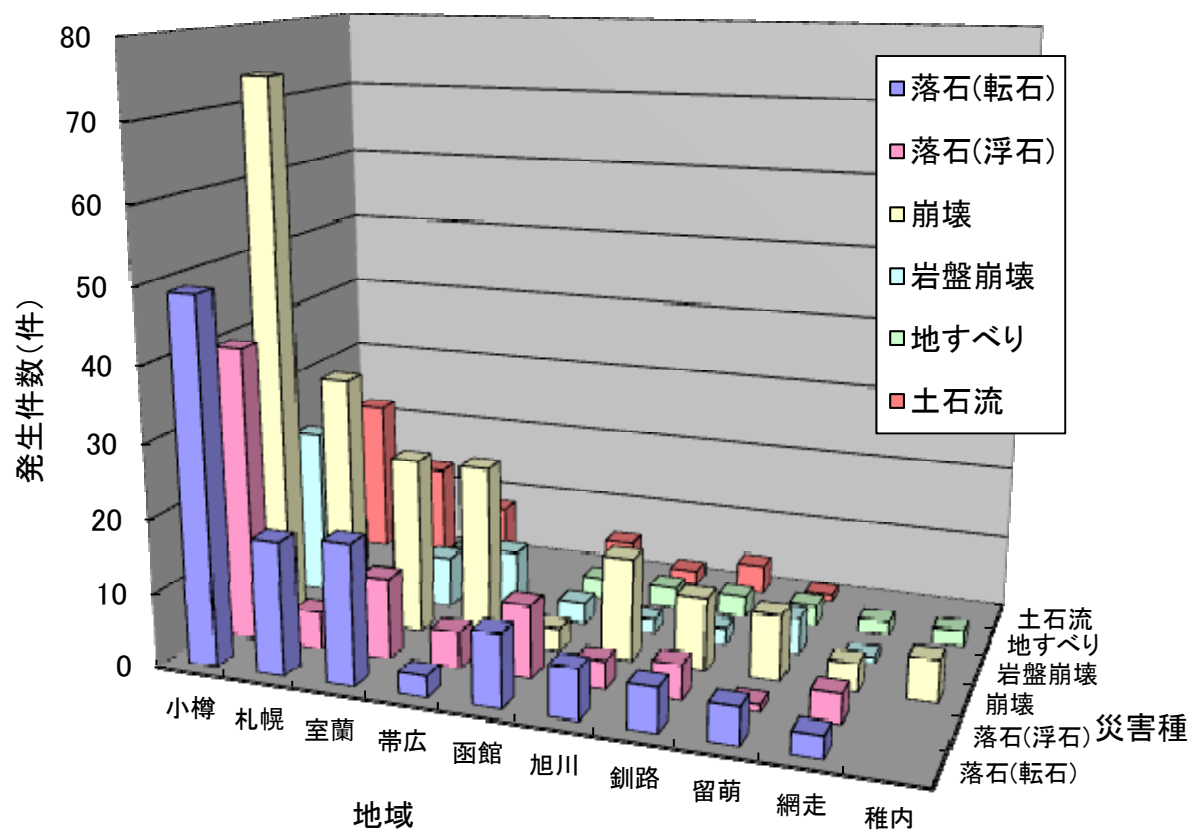


図 1-7 地域別にみた崩壊等の報告箇所数

1.6 崩壊の規模

「岩盤崩壊」の発生規模は、数 m^3 程度のものから $100,000\text{m}^3$ を超えるものに及び、レンジが極めて広い。また、岩盤崩壊の幅および深さの関係については大局的には相関が認められるものの、個別にはばらつきがある。

【解 説】

道内で発生した「岩盤崩壊」の崩壊規模(発生土量)をみると、 $0\sim100\text{m}^3$ が 10 件、 $100\sim1,000\text{m}^3$ が 21 件、 $1,000\sim10,000\text{m}^3$ が 11 件および $10,000\text{m}^3$ 以上が 11 件とレンジが広く、「崩壊」の場合と大きく異なる。

また、岩盤崩壊の幅および深さの関係については大局的には相関が認められるものの、個別にはばらつきがある。

表 1-2 崩壊発生土量と件数

崩壊土量	発生件数 (件)	構成比 (%)
10m^3 未満	4	7%
$10\sim100\text{m}^3$	6	11%
$100\sim1000\text{m}^3$	21	38%
$1,000\sim2000\text{m}^3$	5	9%
$2,000\sim5000\text{m}^3$	4	7%
$5,000\sim10,000\text{m}^3$	2	4%
$10,000\text{m}^3$ 以上	9	16%
$100,000\text{m}^3$ 以上	2	4%
不詳	2	4%
合計	55	100%

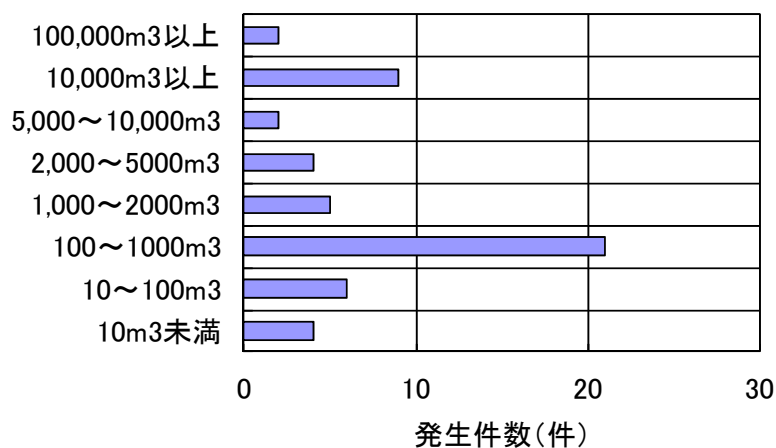


図 1-8 崩壊発生土量と件数

1.7 地質の種類

道内における「岩盤崩壊」発生箇所の基盤地質種は、新第三系～第四系の地質分布箇所での発生が8割を占めており、ほかは先第三系の変成岩分布域で多くなっている。

単位分布延長あたりの岩盤崩壊発生件数は、新第三～第四系の火山岩・火山砕屑岩分布域で多いほか、変成岩分布域で多い。

【解 説】

地質種別にみた「岩盤崩壊」の発生件数は全 55 件中、新第三系～第四系の火山岩・火山砕屑岩が 14 件、新第三系～第四系の堆積岩（火山砕屑岩を除く）で 14 件、新第三系～第四系の溶岩で 9 件、先新第三系の変成岩で 6 件と続く。

また、国道における単位分布延長あたりの崩壊発生数については、国道 336 号のえりもを中心とする変成岩分布域（いわゆる黄金道路）で 14.8 件/100km と高いほかは、日本海沿岸の新第三系～第四系の分布域で 8.8 件/100km となっている。

表 1-3 分布地質と「岩盤崩壊」報告数

地質分類	延長分布比		箇所数 [カ所]	延長当りの発生件数 [箇所/100km]
	分布延長[km]	比[%]		
第四系火山灰	557.5	8.7	0	0.0
第四系(沖積)砂、礫、粘土	2618.6	41.0	0	0.0
新第三系または第四系溶岩	886.0	13.9	9	1.0
新第三系または第四系火山砕屑岩	159.1	2.5	14	8.8
新第三系または第四系(洪積)堆積岩	1321.5	20.7	14	1.1
先新第三系堆積岩	609.8	9.5	2	0.3
先新第三系火山岩	85.4	1.3	3	3.5
先新第三系変成岩	40.6	0.6	6	14.8
先新第三系蛇紋岩	52.6	0.8	0	0.0
深成岩	56.1	0.9	1	1.8
不明	-	-	6	-
合計	6387.0	100.0	55	31.3

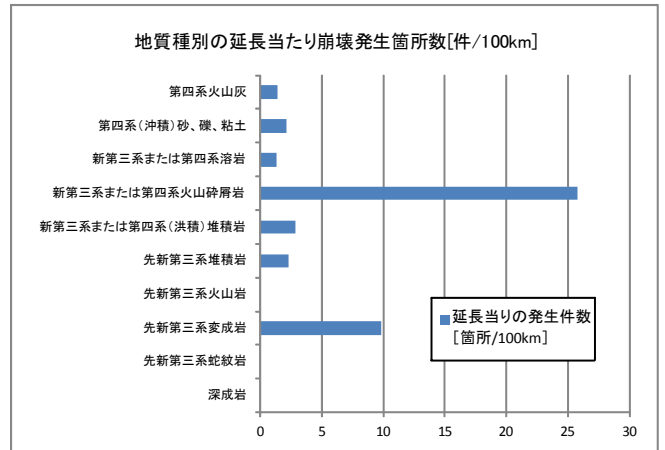
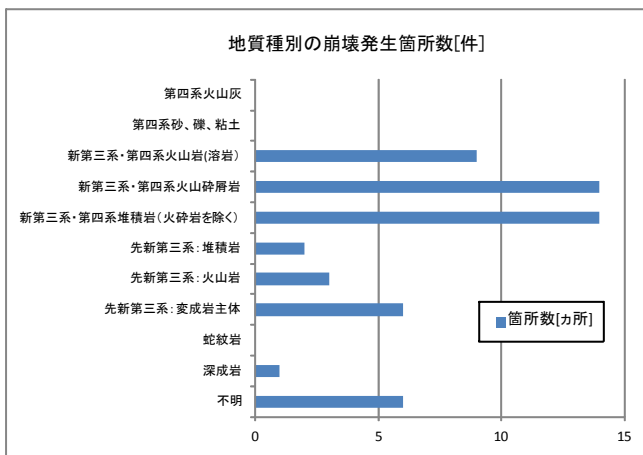


図 1-9 災害種別基盤地質種（崩壊部の地質）

■代表的な事例

場 所	えりも町
崩壊年月	平成 16 年 12 月
崩壊規模	約 10m ³
被災状況	斜面内・斜面裾
地 形	尾根先端部、海食崖
地 質	先新第三系変成岩（ホルンフェルス）
発生原因	融雪水の浸透



写真 1-2 変成岩地帯の崩壊事例（えりも町）

1.8 局所破壊

局所的な亀裂沿いの破壊が発生すると岩体に逐次的に伝播する性質がある。

【解 説】

岩石・岩盤の力学特性に関する要因として、斜面を構成する岩石は内在する無数の潜在亀裂に沿って長期的な風化により劣化し、局所的な亀裂に沿って破壊が生じると、これが逐次的に進行して岩体全体に伝播して破壊する可能性があることが考えられる。

（「一般国道 336 号えりも町斜面崩壊調査報告書 平成 16 年 8 月」より）

なお、「北海道における道路防災点検の運用と解説（案）」では、岩盤崩壊の安定度調査表において、大規模斜面崩壊要因のチェック項目として「局所破壊を示す特殊な破壊形態」が挙げられている。

1.9 岩盤の不均一性

斜面を構成する岩盤の不均一性に着目し、地層境界の構造や各岩種の物性を考慮した評価が望まれる。

【解 説】

固結度や物性の違う複数の地質で構成される斜面は、風化や亀裂の発達程度が異なり、差別侵食やオーバーハングを形成して、斜面崩壊の要因となることがある。軟岩と硬岩の組み合わせの場合は、地層境界の構造（傾斜等）、境界面からの湧水、侵食程度等に注目する。

（「岩盤斜面の安定解析と計測（平成 6 年）土木学会」より）

なお、「北海道における道路防災点検の運用と解説（案）」では、岩盤崩壊の安定度調査表において、大規模斜面崩壊要因のチェック項目として「軟岩と硬岩の組み合わせ」で地形・地質等の着目点が挙げられている。

1.10 想定される崩壊形態

岩盤斜面の崩壊形態として、「滑動型（平面すべり）」、「崩落型」、「転倒型」および「座屈型」に分類される。

【北海道における岩盤斜面对策工マニュアル（案） p2-9】

【解 説】

豊浜トンネル岩盤崩落事故など北海道で発生した大規模岩盤斜面崩壊に関する報告書からの提言を受けて、想定される崩壊形態に着目する。崩壊形態の分類については「北海道における岩盤斜面对策工マニュアル（案） p2-9」に従うものとし、点検時における想定される崩壊形態は、「北海道における道路防災点検の運用と解説（案）」に従い、以下に分類する。

- a. 滑動型（平面すべり）
- b. 崩落型
- c. 転倒型
- d. 座屈型

1.11 崩壊土量と到達度の関係

崩壊土量が 100m^3 を超えた場合に現道に到達する事例が多くなるが、事例の個別差も大きい。

【解 説】

事例の中では、約 100m^3 を超えた場合に現道へ到達するケースが多いが、事例による個別差も大きい。クリアランスや運動の機構などその他の条件にもよるため、現段階では参考値として解釈されたい。

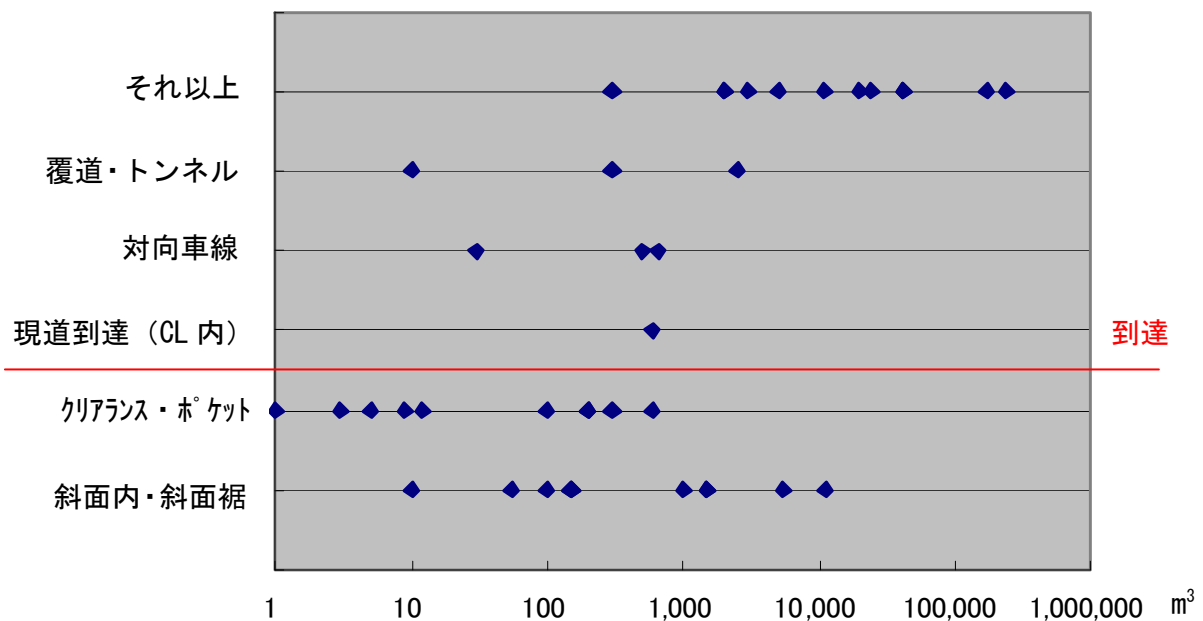


図 1-10 岩盤崩壊の規模と道路への到達度

2. 点検の計画に関わる留意事項

2.1 「誘因」の特徴を踏まえた点検留意事項

2.1.1 地震

地震が岩盤斜面の背面亀裂の進展に影響を与えて崩壊に至る事例が多い。ただし、数日後～数年後に大規模な岩盤崩壊を発生させることもある。

[岩盤崩壊事例 55 件中 11 件が該当]

【解 説】

道内で報告された「岩盤崩壊」55 事例のうち、地震を誘因とした崩壊が 11 例と最も多く、全事例の約 2 割を占め、地震が岩盤斜面の安定性に与える影響が大きいことが示唆された。また、近年の経験震度以上となった場合にはさらに注意が望まれる。

■代表的な事例

場 所	広尾町
崩壊年月	平成 15 年 9 月
崩壊規模	約 1,500m ³
被災状況	岩塊・崩土が覆道上に堆積。
地 形	尾根先端部
地 質	先新第三系：堆積岩主体（日高層群）
発生原因	H15 十勝沖地震



写真 2-1 地震による崩壊例（広尾町）

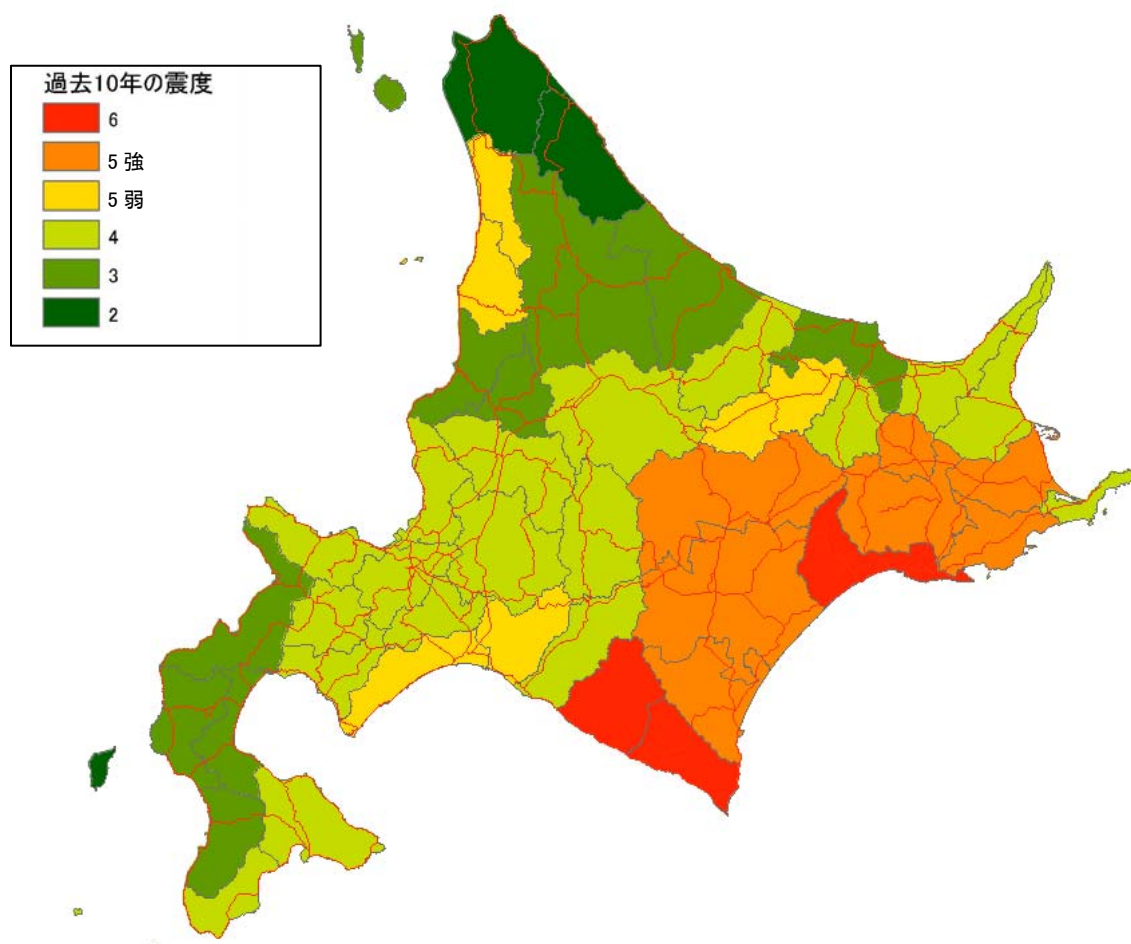


図 2-1 北海道各地における過去 10 年間の最大経験震度

2.1.2 降雨

降雨に伴う間隙水圧の上昇を誘因として「岩盤崩壊」が発生した事例が全体の2割を占める。
[岩盤崩壊事例 55 件中 10 件が該当]

【解 説】

道内で報告された全 55 事例のうち降雨を誘因とした岩盤崩壊が 10 件を占めている。また、近接地点のアメダス雨量データでは連続雨量が 40mm 未満で発生している事例も 3 例あり、比較的少ない降雨を引き金とする場合もある点に留意する。

2.1.3 凍結融解

凍結融解により物理的風化が促進され、岩盤の劣化に大きな影響を及ぼすことがある。
[岩盤崩壊事例 55 件中 8 件が該当]

【解 説】

凍結融解は一般に積雪寒冷地における岩盤の劣化に大きな影響を及ぼすと考えられているが、道内の岩盤崩壊事例でも全体の2割近くが凍結融解を誘因とするとされている。

最高気温が0℃以上になる場合が少ない厳冬期よりも初冬期や融雪初期月に凍結融解が頻繁に起こる傾向がある。ただし、地域によって各時期はやや異なる。

また、海食崖などの急斜面の場合、積雪層が発達しないため、地盤凍結深が深くなり、凍結融解は地盤深くまで作用することになる。

(「土木学会 岩盤斜面の発生機構と計測技術 (平成 12 年 12 月)」より)

2.1.4 融雪

融雪に伴う間隙水圧の上昇を誘因として岩盤崩壊が発生した事例が全体の約1割を占める。
[岩盤崩壊事例 55 件中 5 件が該当]

【解 説】

道内で報告された全 55 事例のうち融雪を誘因とした岩盤崩壊が 5 例を占めている。うち 3 例は間隙水圧の上昇とされているが、1 例は雪崩の滑動に伴う表層の(風化)岩盤部の崩壊とも考えられている。

2.2 経時変化の追跡

地山状況が経時的に変化していたところに、比較的小さな誘因が加わったことにより発生したとみられる例である。地山の経時的な変化とは、点検等の確認で把握可能な場合があり、前回の点検時の状況との変化に留意した点検が望まれる。

[岩盤崩壊事例 55 件中 5 件が該当]

【解 説】

道内で発生した事例のうち、明確な直接的原因によらず「経年変化」が直接的原因とされた事例が全体の 1 割を占めている。ただし、誘因が「不明」とされた事例が全体の 25.5%と多いが、この中にも経年変化が主要因となっているケースも含まれている可能性がある。

「経年変化」に区分されるケースとは、地山状況が次第に変化し、かろうじて落下を免れていたところに比較的小さなトリガーが働き落下したケースといえる。経年変化の内容としては、風化、侵食、亀裂の拡大が挙げられている。

しかし、経年変化による側面が大きいとしても、地山岩盤内部の亀裂の進展や風化の進行といった外部からの目視点検では観察できない要素がある点が課題といえる。

岩盤斜面の長期的な質的・形態的情報は基本的な資料として有効であり、対象地域における災害の履歴、長期にわたる巡回点検データ、さらには空中写真を整理・蓄積して、長期にわたって経時変化を把握することが望まれる。（「豊浜トンネル崩落事故調査報告書（平成 8 年 9 月）」より）

2.3 ランクⅢ、スクリーニング対象外の箇所の点検

岩盤斜面は経年的に劣化するものであることから、定期的に状況を把握することが効果的であるが、対策完了箇所および過去の防災点検で対策不要（ランクⅢ）と判断された箇所についても、ランクⅠ・Ⅱより頻度を下げて実施することが望ましい。

【解 説】

岩盤斜面は経年的に劣化するものであることから、定期的に状況を把握することが望まれる。

対策完了箇所や対策不要（ランクⅢ）箇所は、定期的な防災カルテ点検が実施されないため、仮に変状等が発生した場合に発見や対応が遅れる可能性がある。特に覆道上部や擁壁背面等は、道路から視認することが困難であり、これらの箇所を含めて災害や災害に至る要因を早期に発見し、迅速かつ的確な対応を図るために、適宜臨時点検や巡回等を計画することが望ましい。

2.4 豪雨から崩壊発生までの遅延

大雨の後、一定の期間を経て岩盤崩壊が発生する事例もあることから、大雨の後、当面の間は、このことを念頭において点検やパトロールを実施する。

【解 説】

集中豪雨のピークから数週間経過した後に岩盤崩壊が発生している事例もあるため、集中豪雨や大地震発生後は、速やかな安全確認を経て供用の再開を行った後もしばらくの間、点検を行うことで異常な現象に注意を向けることが望ましい。

（「第2 白糸トンネル崩落事故調査報告書（平成10年2月）」より）

2.5 地震発生から崩壊発生までの遅延

地震発生から数日後～数年後に大規模な岩盤崩壊が発生した事例もある。

【解 説】

岩盤崩壊が地震発生直後に発生する場合がある一方、平成 15 年秋の道道静内中札内線の例では、地震発生から 5 日後に大崩壊が発生した。また、平成 9 年の第 2 白糸トンネル崩落では、崩壊の 4 年前に発生した南西沖地震により崩落岩体周辺あるいは背面における亀裂の進展に影響を与えたと推測された事例もある（「北海道における岩盤斜面对策工マニュアル（案）（平成 16 年 4 月）」の第 2 章）。

以上のことから、大地震の発生後は一定期間フォローすることが望ましい。

■代表的な事例

場 所	静内町
崩壊年月	平成 15 年 10 月
崩壊規模	－
被災状況	道路破壊
地 形	－
地 質	新第三系火成岩
崩壊（被災） 原因	地震



写真 2-2 地震の影響により崩壊した事例（静内町）

3. 現地点検において着目すべき箇所

3.1 着目すべき地形箇所

「岩盤崩壊」が発生した斜面で認められる地形として、オーバーハング、尾根先端部、遷急線が全事例の4割以上の箇所で認められる。ほか、集水斜面、崖錐地形といった崩壊性または侵食性の地形も多い。

【解 説】

道内の崩壊事例調査の結果、「岩盤崩壊」が発生した全55件に認められた地形として、オーバーハング（26件）、地形遷急線（25件）、尾根状先端部（21件）、崖錐地形（10件）、集水斜面（10件）、突出露岩部（9件）、脚部侵食（4件）などが挙げられた。

「崩壊」に比較すると「オーバーハング」や「尾根状先端部」など凸状地形部が多く含まれている点が特徴である。

	発生件数（件）
オーバーハング	26
遷急線	25
尾根先端部	21
崖錐	10
集水斜面	10
崩壊跡	9
突出露岩部	9
脚部侵食	4
台地裾部	1
土石流跡地	1
その他	10
全事例件数	55

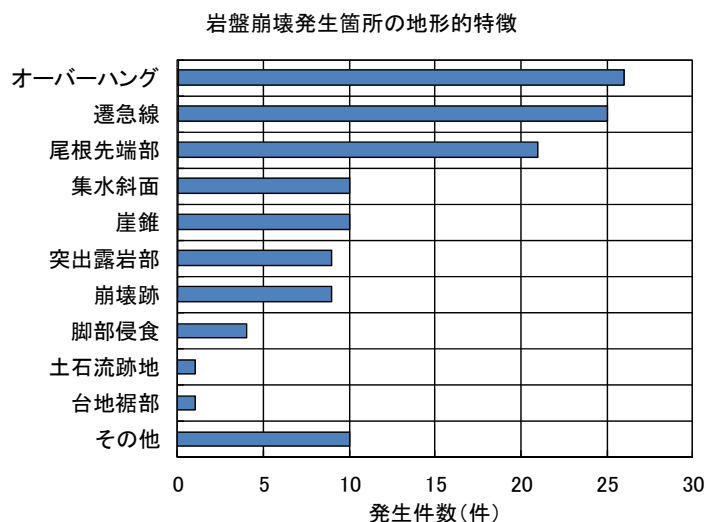


図 3-1 「岩盤崩壊」発生箇所の地形的特徴

■代表的な事例

場 所	増毛町
崩壊年月	平成 20 年 5 月
崩壊規模	幅 12m、高さ 35m、深さ 4m 約 650m ³
被災状況	対向車線まで崩壊堆積物が到達。既設落石防護柵破損。
地 形	尾根状斜面と沢～直線上斜面が繰り返す。
地 質	新第三系または第四系溶岩（岩老溶岩火山角礫岩層（安山岩））
発生原因	・旧崩壊地形に囲まれた地形で、亀裂間に粘土鉱物があり分離し、2 方向の分離面でのくさび状崩壊が発生。 ・亀裂沿いの乾湿繰り返しや凍結融解・融雪などが誘因。



写真 3-1 尾根先端部の崩壊事例（増毛町）

3.2 不連続構造

「岩盤崩壊」が発生した斜面では、節理、流れ盤、断層・破碎帯等の不連続的な地質構造に着目する。

【解 説】

地質構造のうち、節理、流れ盤、断層・破碎帯等の不連続構造に着目し、その連続性について適切に評価することが望まれる。また、状況に応じて、登攀調査、ラジコンヘリ撮影、ボーリング等の地質調査により確認を行うことが望ましい。

具体的には特に、高角度流れ盤亀裂、開口亀裂、鏡肌、シーティング節理が挙げられる。
(大規模岩盤崩落等における調査委員会資料より)。

■代表的な事例

場 所	えりも町
崩壊年月	平成 18 年 2 月
崩壊規模	幅 2m、高さ 5m、深さ 0.5m 約 5m ³
被災状況	クリアランスおよびポケット内
地 形	尾根先端部、海食崖
地 質	先新第三系変成岩（ホルンフェルス）
発生原因	降雨による表流水が亀裂に浸透し、凍結融解作用により亀裂面が分離。



写真 3-2 高角度流れ盤亀裂の崩壊事例（えりも町）

■代表的な事例

場 所	増毛町
崩壊年	平成 20 年
崩壊規模	幅 5～6m、高さ 13m、厚さ最大 2m 約 100m ³
被災状況	クリアランスおよびポケット内に崩土堆積。
地 形	崖錐、遷急線、脚部侵食、オーバーハング、尾根先端部。
地 質	新第三系または第四系溶岩（開口亀裂が発達した安山岩溶岩）。
発生原因	鉛直系の亀裂と岩体基部の緩い傾斜の亀裂に規制された岩盤崩壊が発生。

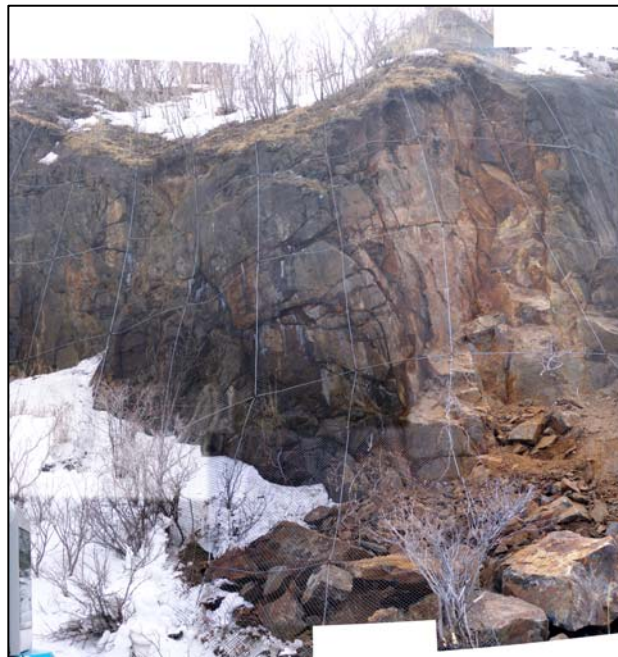


写真 3-3 軟質化構造（風化・変質）の崩壊事例（増毛町）

3.3 岩質の変化 ー風化・変質ー

岩石の風化、変質による岩盤の軟質化に着目する。

【解 説】

道内の崩壊履歴調査によると、風化で 20 件、変質が 10 件確認されていることから、風化、変質といった岩質の変化にも着目することが望ましい。ただし、風化、変質は岩盤内部にまで達していることがあり、外部から確認することが困難な場合があるが、風化しやすい岩質等、岩盤の物性も考慮して評価することが効果的である。また、状況に応じて、登攀調査、ラジコンヘリ撮影、ボーリング等の地質調査により確認を行うことが望ましい。

3.4 白色鉍物脈

亀裂に介在する白色鉍物脈は、降雨や融雪水が岩盤斜面内に流入する長期的風化作用により溶脱して潜在的な弱面となることがあり、点検時にはこれに着目する。

【解 説】

潜在亀裂が発達し、亀裂に白色鉍物脈が介在している場合、その亀裂の劣化が斜面深部まで進んで、大規模な岩盤崩壊の発生に関与する可能性がある。

白色鉍物脈には、スメクタイトをはじめとする膨潤性粘土鉍物のほか、沸石類やぶどう石等がある。現地観察において鉍物種を同定することは困難であるため、点検において効果的と判断された場合には、X線分析等を実施することが望ましい。

■代表的な事例

場 所	えりも町
崩壊年月	平成 16 年 1 月
崩壊規模	最大高さ約 100m、最大幅約 90m、最大厚さ約 17m 約 42,000m ³
被災状況	崩積土が宇遠別第一覆道広尾側入口を覆い、岩塊は海岸に達した。死者 1 名。
地 形	・海岸沿いに主尾根とそれに直交する小尾根地形が複数分布。崩壊箇所は細尾根地形突出部に当たる。 ・急崖斜面は比高 100m 以上、傾斜 50°
地 質	白亜紀堆積岩（ホルンフェルスを中心とする日高変成岩類）
発生原因	・長期的風化により岩石の劣化や白色鉍物脈の溶脱が進み、背面亀裂が深部まで進展していた。 ・崩壊当日の暖気により融雪が加速、表流水が開口亀裂から斜面深部に流入し、早朝に地震（K-NET 目黒観測所：13gal）も発生。

（「一般国道 336 号えりも町斜面崩壊調査報告書 平成 16 年 8 月」より）



写真 3-4 白色鉍物脈の介在を要因とする岩盤崩壊（えりも町）

3.5 脚部侵食

岩盤斜面の基部において脚部侵食の有無について着目する。

【解 説】

海岸線でみられるノッチ地形や、波食以外の風化・侵食作用で形成されるオーバーハング部は、脚部侵食が進行すると岩盤の不安定化をもたらすため、侵食状況について着目する。小規模な剥離や湧水が確認された場合にも注意した点検が望まれる。

■代表的な事例

場 所	上川町
崩壊年月	昭和 62 年 6 月
崩壊規模	幅約 15m、高さ百数十 m、厚さ 5m 約 11,200m ³
被災状況	垂直壁面の柱状節理が崩落し、石狩川を越えて対岸の国道へ到達。護岸擁壁、道路擁壁破損。車 3 台破損、死者 3 名、重軽傷者 6 名。
地 形	函状地形部の左岸側斜面（国道の対岸）。崖面の比高約 200m の凸状地形の先端部。
地 質	・ 第四紀の層雲峡溶結凝灰岩主体で、柱状節理が発達。 ・ 下位に弱～未固結の降下軽石層、旧石狩川の河床砂礫層、日高類層群の粘板岩が分布し、これらを崖錐堆積物が覆う。
崩壊（被災）原因	地表面からの降雨水、融雪水を主因とする風化作用による分離面の形成、周期的に繰り返される凍結融解作用、凍上圧による割れ目の開口、融解期の強度劣化。

（「層雲峡天城岩滑落調査報告書 昭和 63 年 3 月」より）



写真 3-5 風化作用による脚部侵食の滑落例（上川町）

3.6 軟岩の急崖斜面

北海道の日本海側では、新第三系の火山砕屑岩類など軟岩で構成される急崖斜面が多い。軟岩で構成される急崖斜面に対してきめ細やかな点検を行う。

【解 説】

海底火山起源の軟岩は亀裂の発達が少ないが、点検時には周辺斜面も含めた詳細な踏査を実施し、亀裂の分布・進展状況や岩盤の風化度、湧水の有無を把握するなど、きめ細やかな調査を行うことが望ましい。その際には、学術的精査で得られるような成果を取り入れるなど、調査精度の向上を図るべきであり、点検者の技術研修や情報交換の場を設けることが有効である。

(「豊浜トンネル崩落事故調査報告書(平成8年9月)」より)

3.7 浅海底地形

海食崖の形成に関わる、波食棚を含む浅海底地形に着目する。

【解 説】

岩盤が波浪により活発に侵食される水深は約 10m とされていることを参考に 10m 以浅の海底地形幅に着目したところ、岩盤崩壊の発生する頻度は、50～200m の浅海底幅を持つ海岸で多くなっている。

浅海底幅 200m 未満の海岸で大規模な岩盤崩壊が発生する可能性が高いものと考えられ、この海岸地形を構成する地質が主に火砕岩や溶岩からなり、この地質が岩盤崩壊の素因となる傾斜や比高を持った急崖を形成しやすいためと考えられる。

（「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書（平成 12 年 10 月）」より）

上記の提言を受けて、点検時には地形要因として浅海底地形に着目する。

なお、「北海道における道路防災点検の運用と解説（案）」では、岩盤崩壊の安定度調査表において、大規模斜面崩壊要因のチェック項目として「浅海底幅 100m 以下」が挙げられている。

3.8 湧水

湧水がある場合は、その位置や量等を把握し、亀裂面や風化の程度等と併せて着目する。特に雨上がりなど分かりやすい時期の確認や冬期における氷柱の位置の確認が望まれる。

[岩盤崩壊事例 55 件中 16 件が該当]

【解 説】

層理面などの不連続面などを水みちとする地下水の浸透は、岩盤内部の風化や斜面表層部まで達する開口亀裂を生じることがある。

報告された事例のうち、約 3 割で湧水が確認されている。ほかの災害種と比較して確認された件数の割合が高くなっている。

また、日本海沿岸地域で発生した大規模岩盤崩落の事例では、崩壊発生箇所の約 8 割で夏季の湧水、冬季の氷柱またはその両方が確認されている。（「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書（平成 12 年 10 月）」より）

■代表的な事例

場 所	古平町
崩壊年月	平成 8 年 2 月
崩壊規模	最大幅約 50m、最大高さ約 70m、最大厚さ約 13m 11,000m ³
被災状況	豊浜トンネル約 44m 区間破壊。バス 1 台、乗用車 1 台被災、死者 20 名。
地 形	比高約 100～200m の急崖斜面。
地 質	新第三紀中新世尾根内層安山岩質の水冷破碎岩を含む同質火砕岩類。
発生原因	岩盤に内在する不連続亀裂が、環境変化による岩石特性、地下水の影響、自重・地下水圧・氷結圧により進展して互いに連続。



写真 3-6 崩落壁面の氷柱例（古平町）

3.9 雪崩覆道・落石覆道上の岩塊

雪崩覆道（スノーシェッド）や落石覆道の山側斜面で岩盤崩壊が発生した場合、崩壊岩塊が覆道上に堆積している場合がある。岩盤崩壊を想定されたロックシェッドを除き、覆道の許容設計荷重を超える恐れがある。また、現道からの観察では確認できないため留意した点検が望まれる。

このことから、状況に応じて覆道上においても確認が望まれる。

【解 説】

岩盤崩壊に対応したロックシェッドではなく、雪崩対策用のスノーシェッドまたは古い時代に設計された落石覆道において、山側斜面で崩壊が発生して崩壊岩塊が覆道上に堆積した際には、シェッドの許容量を上回る場合がある。

特にカルテ点検等の対象となっている場合を除き、覆道の上の状況は確認されない場合が多く、発見されにくい場合が想定される。なお、覆道の山側にポケットが存在する場合でも、融雪時に残雪が崖錐状に残存している場合も多く、その上をオーバーフロー・オーバーロールして覆道上に到達する例も存在する。

■代表的な事例

場 所	広尾町
崩壊年月	平成 18 年 6 月
崩壊規模	幅 40m、高さ 15m、厚さ最大 15m 約 1,000m ³
被災状況	送電線破断、崩土は斜面内・斜面裾で停止。
地 形	稜線までの標高 200m 以上の急崖斜面。
地 質	白亜紀の日高累層群楽古層の砂岩泥岩互層。
発生原因	オーバーハング部の開口亀裂内の土砂が流出したことにより、岩塊の強度が低下して崩壊。



写真 3-7 覆道上部の崩壊事例（広尾町）

4. その他の留意事項 ―岩盤崩壊の前兆現象―

「岩盤崩壊」の発生前には、落石、小崩壊、亀裂や湧水の発生など、崩壊発生前の前兆現象が認められる場合があると報告されている。

【解 説】

岩盤崩壊の報告事例には、崩壊発生前に落石、小崩壊、亀裂、湧水が確認され、その数時間から数日後に大規模崩壊が発生した例もあるため、前兆現象に着目することが望ましい。

ただし、異常発生から崩落までは短時間の現象である場合が多い。

■代表的な事例

- (1) 崩落事故発生の約 1 時間前に「ドーンという音がして、そのあとパラパラと石が砕けるような音」が確認され、約 30 分前に「トンネル内に霧がかかったような状態で、天井に幅 1.5m、長さ 3.0m の雷状のクラックが発生し、天井中央付近よりカーテン状に砂が降ってきていた」ことが目撃情報にある。

（「豊浜トンネル崩落事故調査報告書（平成 8 年 9 月）」より）

- (2) 崩落時には「ドン」という音が 2 回聞かれており、1 回目には遠くで小さく、2 回目は爆風を伴った大きな音である。

（「第 2 白糸トンネル崩落事故調査報告書（平成 10 年 2 月）」より）

- (3) 崩壊前に表層部の 2 箇所以小崩壊が確認され、直ちに通行止めを行って、斜面を監視する体制をとった。

（「一般国道 336 号えりも町斜面崩壊調査報告書（平成 16 年 8 月）」より）

- (4) 崩壊前日にトンネルの吹付けコンクリートのクラックやロックボルト座金の変状が確認され、崩壊の 1～2 時間前にはクラックの開口・剥離、ロックボルトの脱落など変状の進行が目視で確認できるまでに進行した。

（「上杵臼道路斜面崩落調査報告書（平成 5 年 2 月）」より）