

岩盤崩壊の発生とこれに伴う 吹付け法面の不安定化

日本工営株式会社 小俣新重郎

令和元年(2019年)度 福井県ニュースプロ協会技術講習会

2019年5月17日

1

(1) 平成元(1989)年 越前海岸の岩盤崩壊と その後の対応

3

演題:
「岩盤崩壊の発生とこれに伴う吹付け法面の不安定化」

内容:
(1)平成元(1989)年 越前海岸の岩盤崩壊とその後の対応
(2)全国の岩盤崩壊事例
(3)岩盤崩壊の規模と発生頻度
(4)岩盤崩壊等による吹付け法面の不安定化
　; 岩盤崩壊, 地すべり, 地震による吹付け法面の不安定化
(5)岩盤崩壊の点検, 調査, 対策工

2

⑥ 国道305号 越前海岸【転倒】

(一般国道305号岩石崩落災害調査委員会:一般国道305号岩石崩落災害調査報告書,1990.)

場所:国道305号 福井県越前町玉川地先
災害発生日時:1989(平成元)年7月16日



崩壊規模:幅30m, 高さ25m, 体積1,100m³
被害:落石覆工15m区間, ポケット型落石覆工15m区間, 計30m区間を破壊。
通行中のマイクロバスを直撃, 15名死亡. 駐車中の車両2台も大破。

地質:新第三紀中新世の火山碎屑岩類
(凝灰角礫岩, 凝灰質砂岩, 凝灰質頁岩)
地形:海岸段丘崖の下端部壁面
素因:ゆるみ性の亀裂部に降雨後の浸透水圧が作用。

越前海岸 岩盤崩壊 ~経緯~

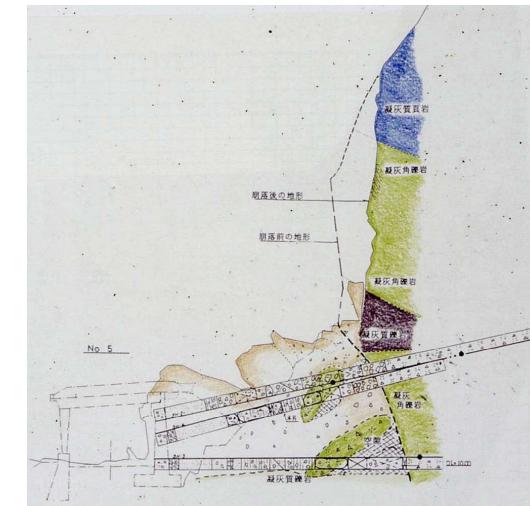
1985年に落石対応の覆工が施行された。崩壊直前(2時間前)から落石が頻発したが、落石覆工があったため、認識されず、通行車両に被害。崩落以前から崩落面に相当する部分には、10cm前後の開口亀裂が存在。



越前海岸 岩盤崩壊 ~発生機構(1)~

越前海岸 岩盤崩壊 ~発生機構(1)~

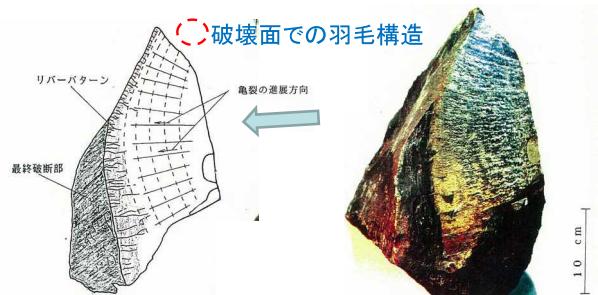
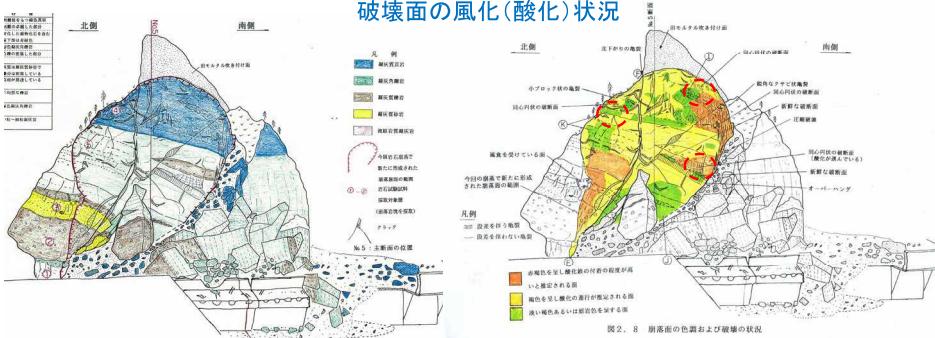
越前海岸地質断面図



凝灰角礫岩等からなる急崖部下端が海食され形成されたオーバーハンプ部の縦亀裂の進展により剥離後、転倒崩壊したものと考えられる。

越前海岸 岩盤崩壊 ~発生機構(2)~

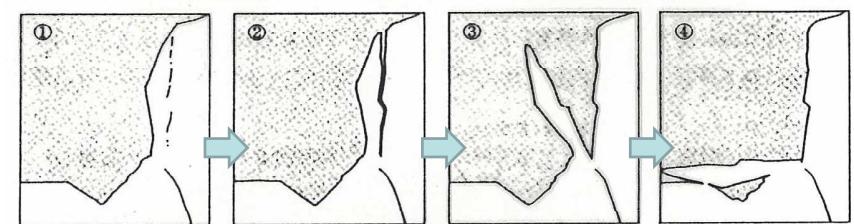
破壊面の風化(酸化)状況



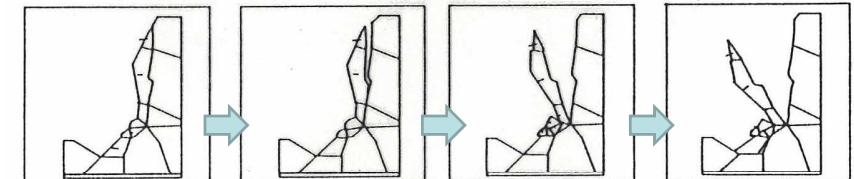
7

越前海岸 岩盤崩壊 ~発生機構(3)~

越前海岸岩盤崩壊のシミュレーション



(a) 底面摩擦模型実験



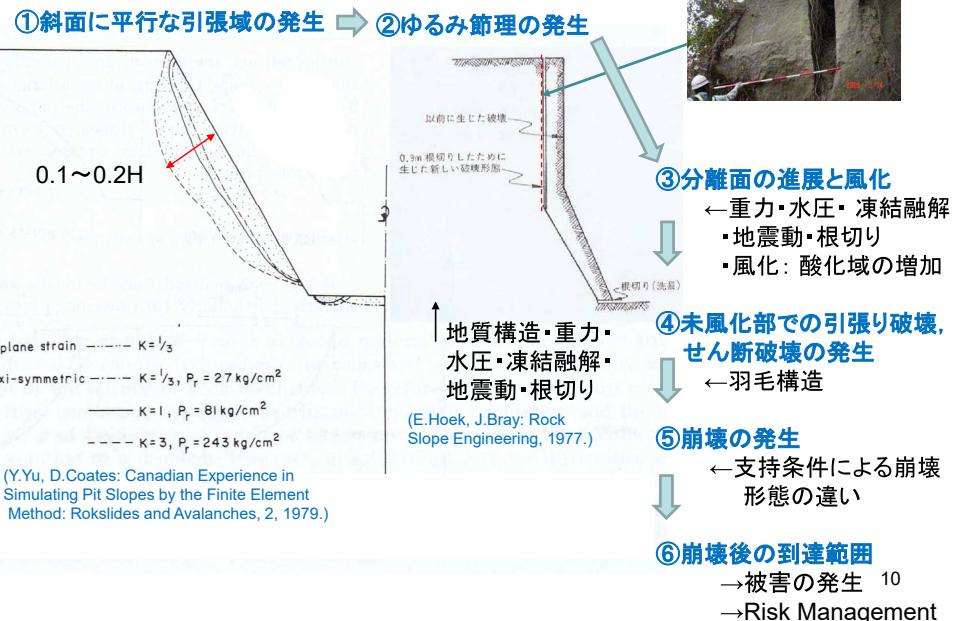
(b) 個別要素解析

転倒型の崩壊形態なる条件をベースフリクション実験および個別要素法(DEM)によるシミュレーションで検討

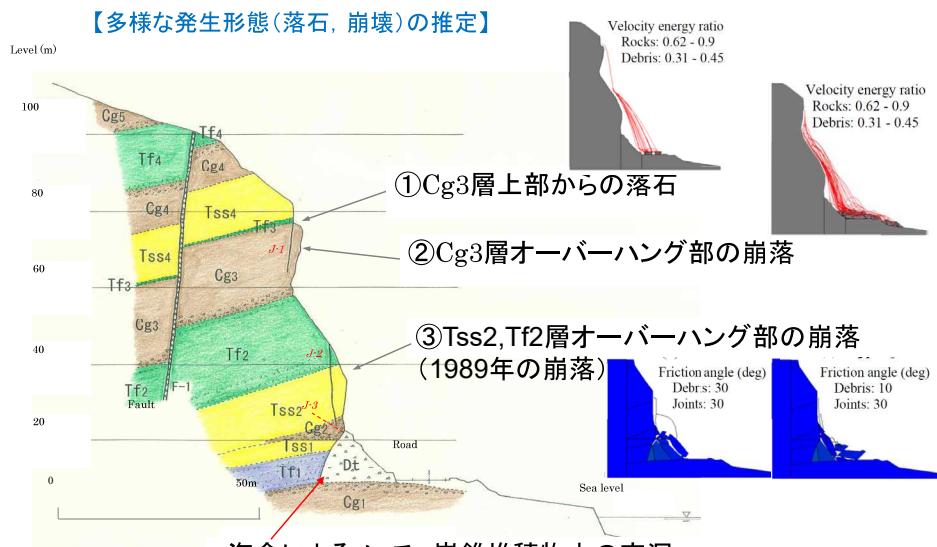
越前海岸 岩盤崩壊 ~その後の対応、その他、特記すべき事項

- 「防災点検ガイドブック(案)」(1990.2)に基づいて
「道路防災点検」を実施。
「岩盤崩壊」の点検項目が追加された。
点検に安定度調査表を導入した。
- 重要な点検要素: 開口亀裂、亀裂の間隔、オーバーハング、
岩質の組合せ(上部:硬質、下部:軟質)
- 崩落後の調査、シミュレーション等で、地形や地質条件に
応じた複数の被害シナリオを想定した。
- 急峻な岩盤斜面でのゆるみから崩壊に至るプロセスの
一つが想定できた。
- 恒久対策として、崩壊箇所を迂回するトンネルが施工された。⁹

急峻な岩盤斜面での崩壊発生のプロセス



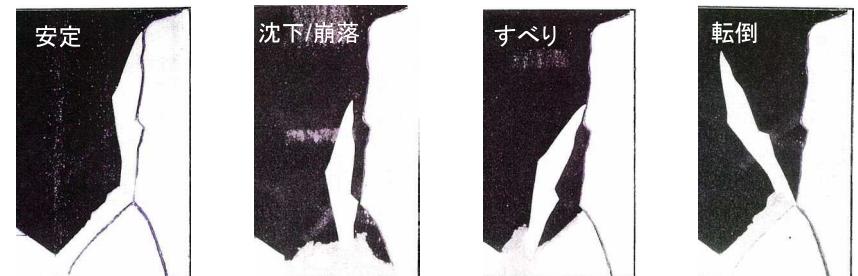
④ 引張り破壊、せん断破壊の発生



(S.Miki, S.Komata, M.Shinji, T.Nishimura, T.Koyama: A Case Study on the Hazard Assessment of Rock Slope by the Scenario Analysis, ARMS8, pp.2874-2883, 2014.)¹¹

⑤ 支持条件による崩壊形態の違い

(一般国道305号岩石崩落災害調査委員会:一般国道305号岩石崩落災害調査報告書,1990.)

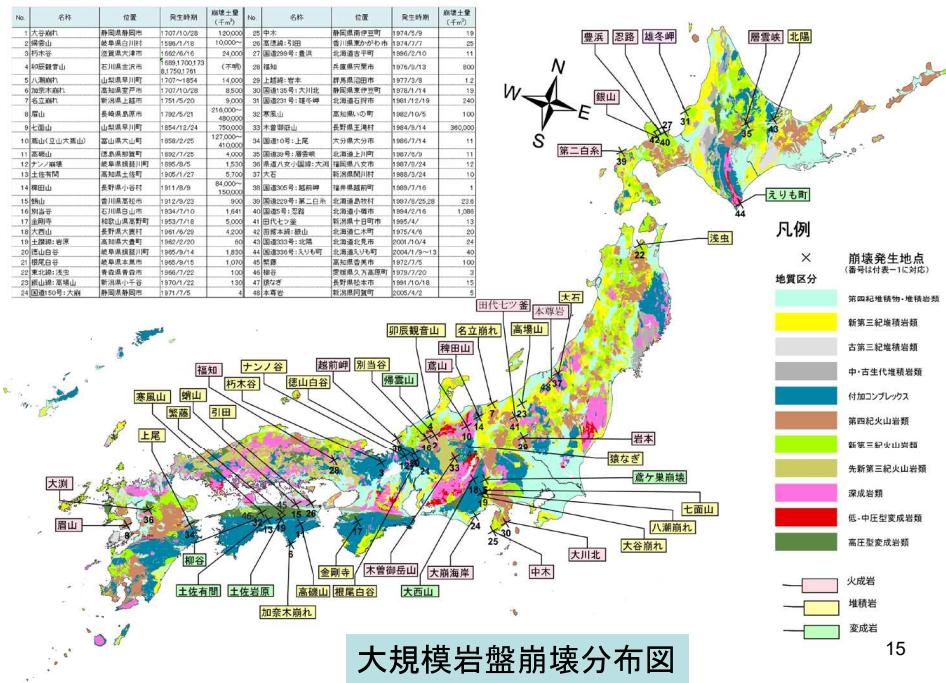


⑥ 移動到達距離と被害の発生

地形状況	支点部の地質状況	崩落岩体の重心位置	支点基盤の堆積物	崩壊の形態	予想されるシナリオ	ケース	リスク評価
オーバーハング	なし	安定	無災害	1	40		
	あり	全体が岩塊	無災害	2	40		
		全体が土砂	無災害	3	30		
		表層は土砂、下部は岩塊	沈下				
		支点より山側	若干沈下した後、安定化	4	30		
		変形しない	無災害				
		変形する	すべり	5	20		
		支点より海側	道路山側のポケットを埋め停止する				
		変形しない	若干沈下した後、安定化	6	30		
		変形する	トップリング	7	10		
			道路まで岩塊が到達し、被災する				

図-4 越前海岸岩盤崩壊のイベントツリー-ETAで予想される被害シナリオ

⑦ 越前海岸の最近10年間での崩壊の発生



(2) 全国の岩盤崩壊事例

【土木学会岩盤力学委員会_岩盤斜面小委員会による】

目論見:

岩盤斜面を建設や維持管理の対象とする際、過去の崩壊や落石等の事例から得られた知見を参考とすべきである。

このため、大規模な崩壊やその後の技術基準・対策に大きな影響を与えた事例をまとめた。

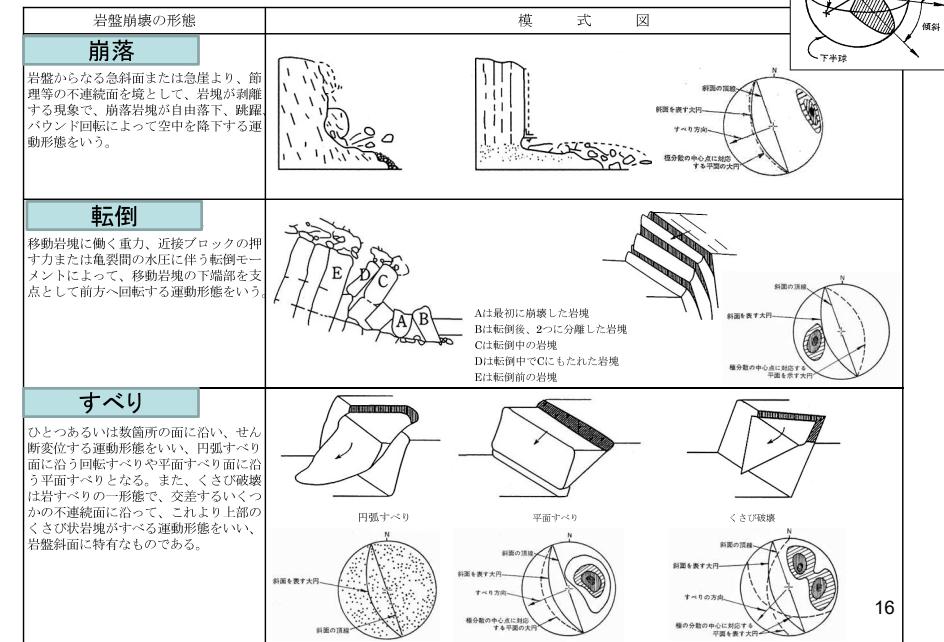
共通の記載事項:

1. 件名、発生場所、発生日時
2. 災害概要
3. 調査(事後調査)概要
4. 地形、地質状況、災害の発生機構
5. その他、特筆すべき事項

参考文献

14

岩盤崩壊の発生形態



16

15

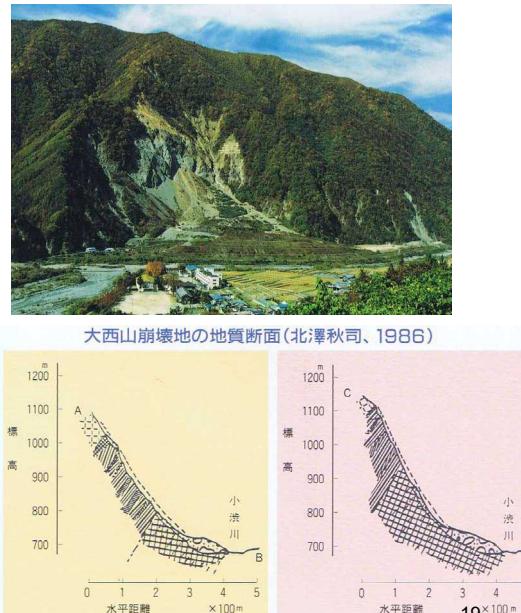
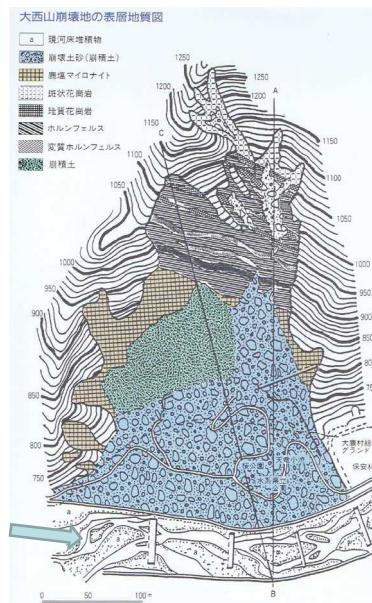


17

岩盤崩壊の発生機構に関する事例

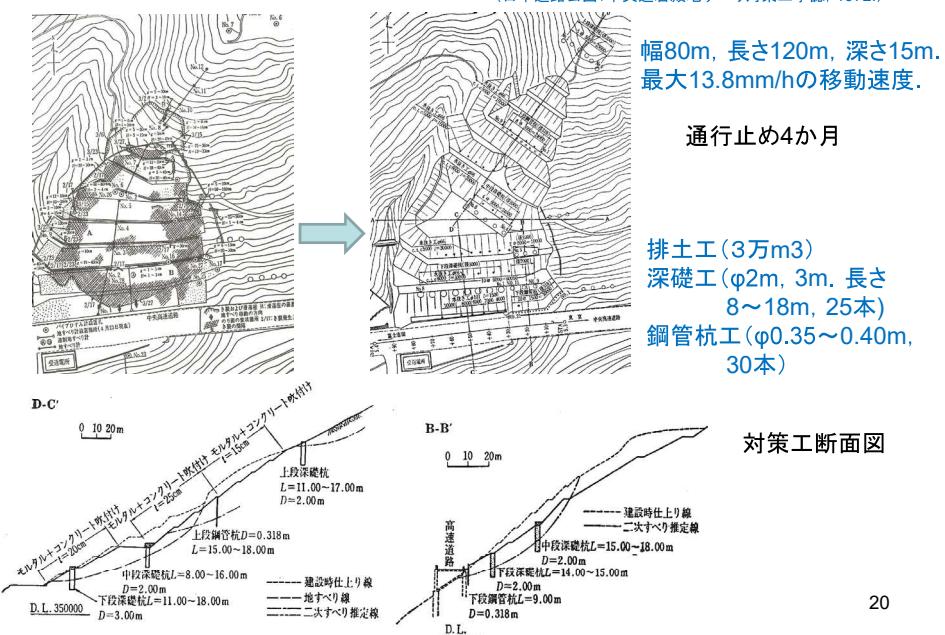
番号	発生年	名称	発生機構	備考
①	昭和36年(1961年)	大西山	岩盤崩壊【崩落】	総雨量424mm, 死者42
②	昭和47年(1972年)	中央道 岩殿山	地すべり	通行止め4か月, 深礎対策
③	昭和52年(1977年)	上越線 岩本	落石【崩落後, 線路に到達】	列車脱線転覆, 負傷105
④	昭和56年(1981年)	国道231号 雄冬岬 トンネル留萌側坑口	崩壊性地すべり	トンネル坑口破壊, 現道復旧
⑤	昭和62年(1987年)	国道39号 層雲峠 天城岩	岩盤崩壊【崩落】	河川閉塞, 死者3, 負傷6,迂回トンネル
⑥	平成元年 (1989年)	国道305号 越前海岸	岩石崩壊【転倒】	落石覆工破壊, 死者15, 迂回トンネル
⑦	平成7年 (1995年)	国道49号 本尊岩	岩盤崩壊【崩落後, 道路に到達】	崩壊頻発, 路面に岩片飛散, 迂回トンネル
⑧	平成8年 (1996年)	国道229号 豊浜トンネル古平側坑口	岩盤崩壊【崩落】	トンネル坑口破壊, 死者20, 負傷1, 迂回トンネル
⑨	平成9年 (1997年)	国道229号 第2白糸トンネル瀬棚側坑口	岩盤崩壊【すべり】	明り巻部破壊, 2次崩壊予知
⑩	平成11年(1999年)	天鳥橋西	【転倒】	モニタリング, 崩壊予知の検討
⑪	平成13年(2001年)	国道333号 北見北陽	岩盤崩壊【すべり】	死者2, 迂回トンネル 18
⑫	平成16年(2004年)	国道336号 えりも	岩盤崩壊【すべり】	覆道破損, 死者1, 迂回トンネル

① 大西山【転倒・崩落】昭和36(1961)年6月29日発生

高さ451m、幅280m、約280万m³

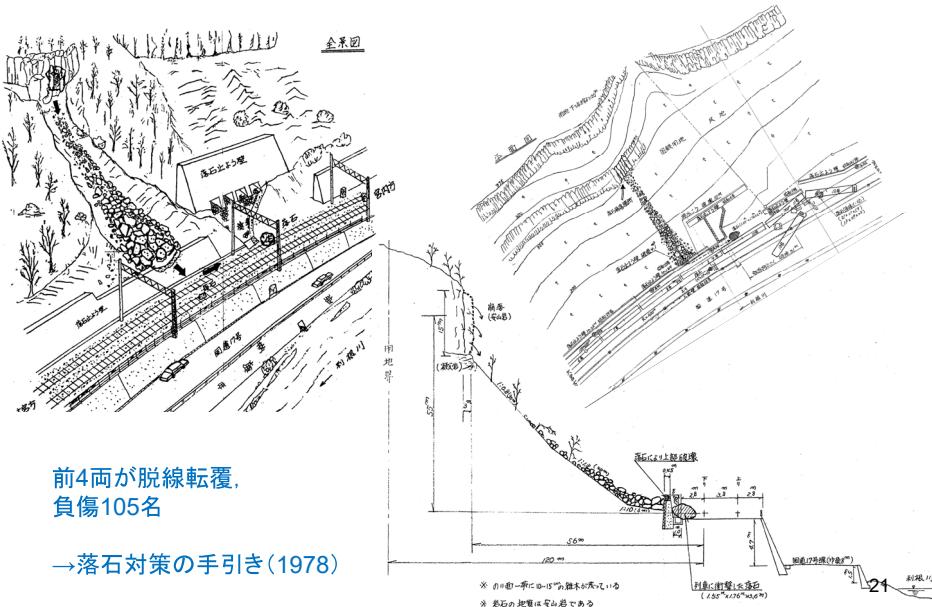
② 中央道 岩殿山【すべり】昭和47(1972)年2月27日発生

(日本道路公団:中央道岩殿山地すべり対策工事誌, 1972.)



③ 上越線 岩本【崩落】昭和52(1977)年3月8日発生

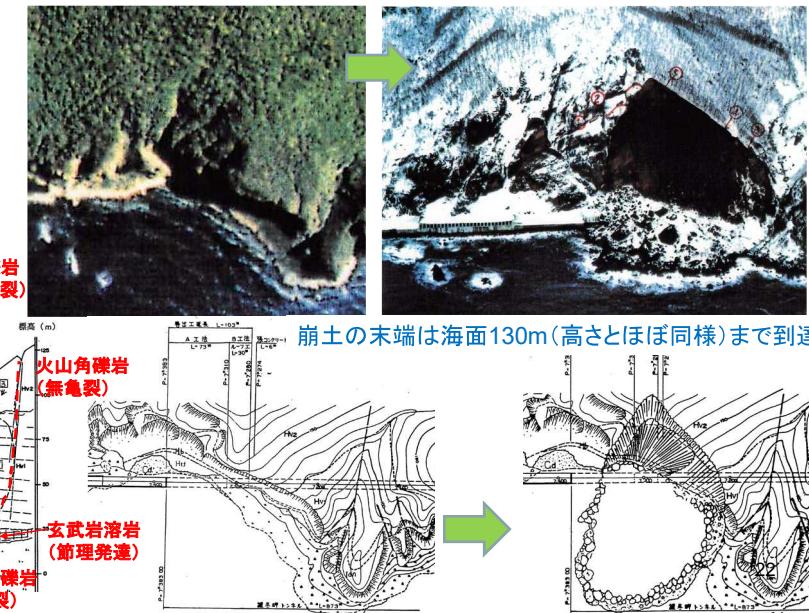
(日本国有鉄道施設局:ある落石の教訓, 1987.)



④ 国道239号 雄冬岬トンネル【すべり】昭和56(1981)年12月9日発生

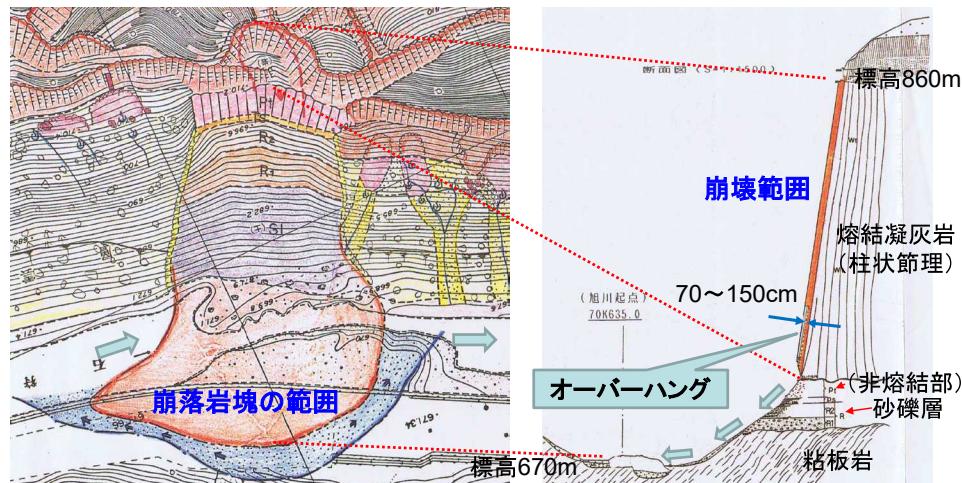
高さ120m, 幅100m, 厚さ20m, 崩壊土量24万m³

(札幌開発建設部:雄冬岬トンネル崩壊性地すべり調査報告書, 1982.)



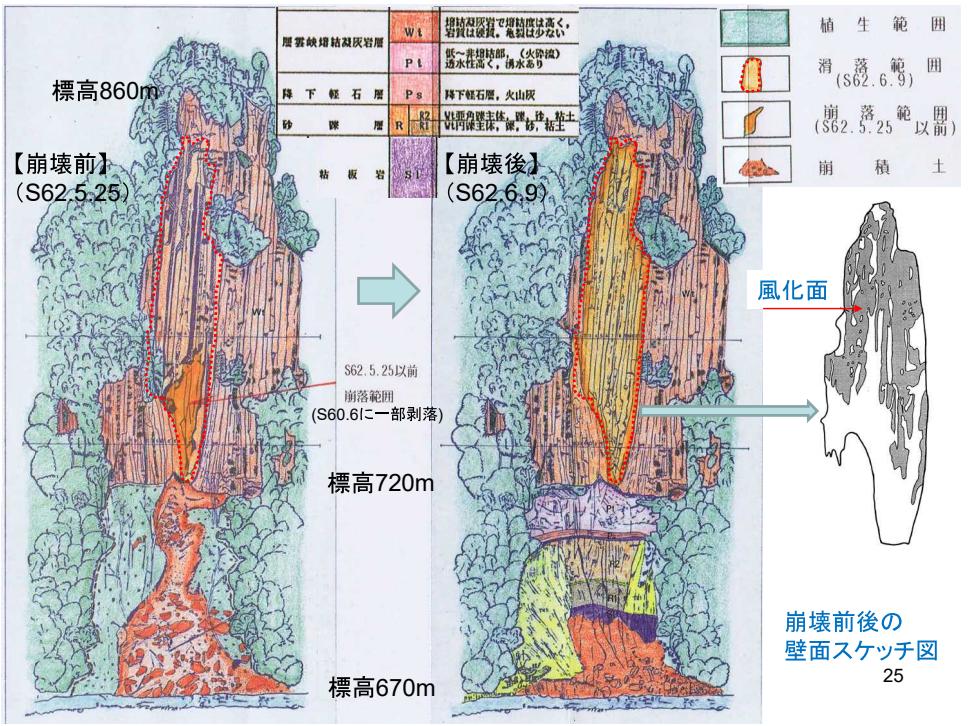
⑤ 国道39号 層雲峡天城岩【崩落】昭和62(1987)年6月9日発生

(層雲峠天城岩滑落調査委員会:層雲峠天城岩滑落調査報告書, 1988.)

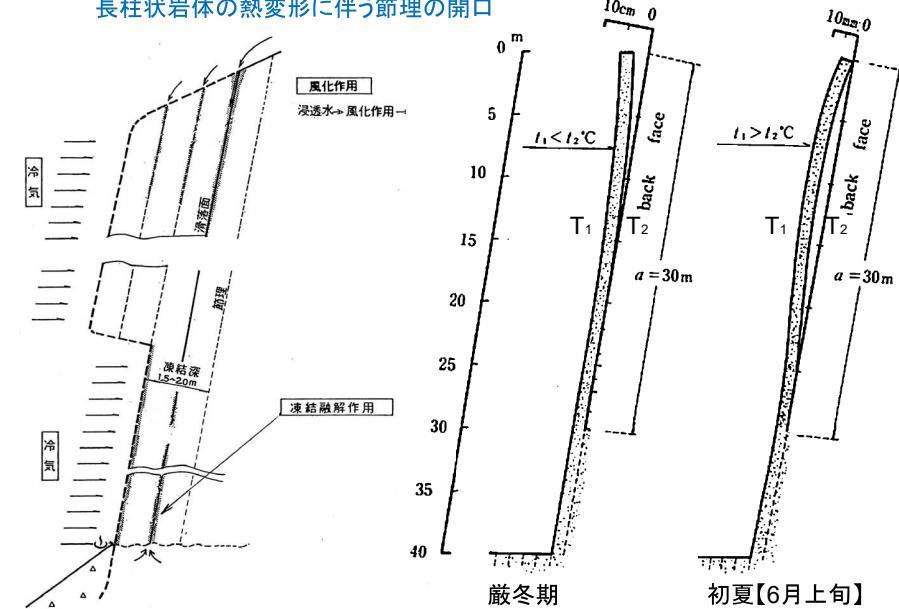


高さ150m, 幅22m, 平均厚さ3m, 堆積約5,850m³の柱状の岩盤が滑落。
下部の崖錐堆積物(幅40~50m, 平均厚2m, 削剥土量5,400m³)を削剝。
崩壊土量計11,200m³
崖下から100m離れた対岸の国道39号上に落下堆積。





長柱状岩体の熱変形に伴う節理の開口

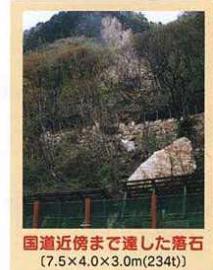


(根岸正充・中島 嶽:層雲峠熔結凝灰岩の柱状節理におけるき裂進展とすべり破壊、応用地質34-2,1993.)

⑦ 国道49号 本尊岩【崩落】平成7(1995)年4月2日発生

【平成7年4月2日】
【岩石崩壊発生】

- 崩壊土量は約5,000m³。
- 一部は斜面の落石防護施設を破壊しながらJR線脇の落石防止柵の背後まで達した。
- 〔最大岩塊: 7.5×4.0×3.0m(234t)〕。
- 国道には小岩片が飛散した。



27

⑧ 国道229号 豊浜トンネル【崩落】

(豊浜トンネル崩落事故調査委員会: 豊浜トンネル崩落事故調査報告書, 1996.)

場所: 北海道古平町の国道229号豊浜トンネル古平側坑口
崩壊発生日: 1996(平成8)年2月10日



崩壊規模: 高さ約70m 幅約50m 最大厚さ約13m
体積約11,000m³

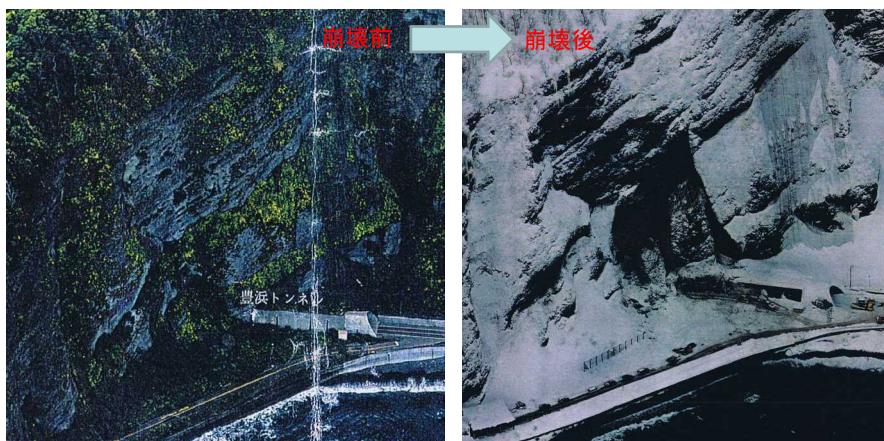
被害: トンネル部約26m、巻出し部約18mの計
約44m区間が破壊。通行中の路線バス1台と
乗用車2台が被災し、バス乗客、乗務員20名
全員が死亡、乗用車の1名が負傷。

地質: 新第三紀中新世～鮮新世の
安山岩質溶岩(水冷破碎岩)、
同質火碎岩類(堆積岩: 含角
礫成層火碎岩、凝灰岩)

地形: 海食崖
要因: 冬季の岩盤表面の凍結により
閉塞された地下水が、崩壊面
の水圧を増加、あるいは含水
比増加に伴う岩盤強度の低下

豊浜トンネル古平側坑口 岩盤崩落 ~経緯~

トンネル坑口部は1979～1980年度に施工され、坑口巻出し区間は落石対応の厚さ80cmの鉄筋コンクリート構造、トンネル区間は覆工厚45cmであった。崩落前5か年間、道路面への落石はなかった。1991年トンネル点検では覆工に亀裂はなく、安定と評価された。



崩落1時間前にドーンという音と石が碎ける音が、30分前にトンネル天井に幅1.5m、長さ3m²⁹のクラックとカーテン状の降砂が目撃され、崩落時には発破のような大音響が聞こえた。

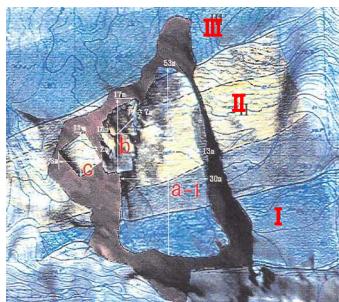
豊浜トンネル 岩盤崩落 ~発生機構(2)~



崩落直後



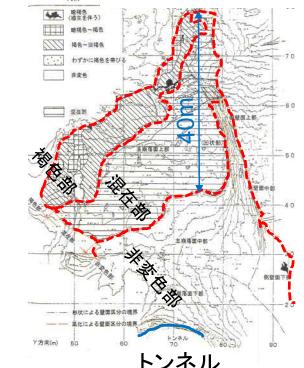
土砂除去後の崩落面



崩落岩体の復元

豊浜トンネル 岩盤崩落 ~発生機構(1)~

崩落面での風化(酸化)部の分布



崩落面の変色

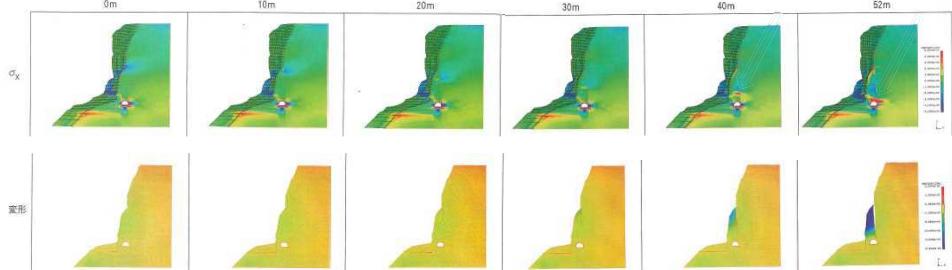
海底火山活動による水冷破碎岩などの火碎岩から形成され、顕在化した亀裂は少ない。火碎岩は軟岩でスメクタイトを含み、脆性的で含水により強度が大きく低下する。

崩落面の地質と風化

崩落面の地質柱状図

豊浜トンネル 岩盤崩落 ~発生機構(3)~

初期亀裂の深度の進展による亀裂先端部の引張応力の発生(三次元FEM)



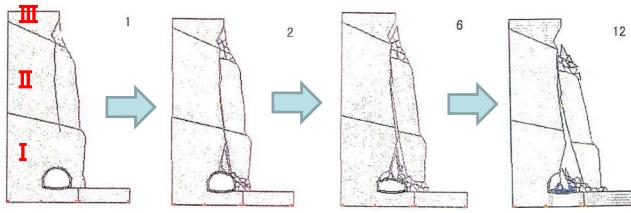
:トンネル完成後に岩体自重と横方向水圧が作用した場合

三次元有限要素法(FEM)によるトンネル完成後の亀裂進展の可能性の検討:

- ・岩体自重のみが作用→トンネル施工前の初期亀裂がトンネル天端近傍(深さ50m程度)に進展していなければ、崩落しない。
- ・岩体自重と亀裂部背面に横方向外力(水圧)が作用→初期亀裂が深さ40～50mに進展していなければ、崩落しない。
- ・崩落岩体背部の初期亀裂が深く進展していない限り、岩盤は崩落に至らない。
- ・トンネル掘削による亀裂の進展への影響は少ない。

豊浜トンネル 岩盤崩落 ~発生機構(4)~

亀裂の進展と崩落(不連続変形法:DDAによる逆解析シミュレーション)



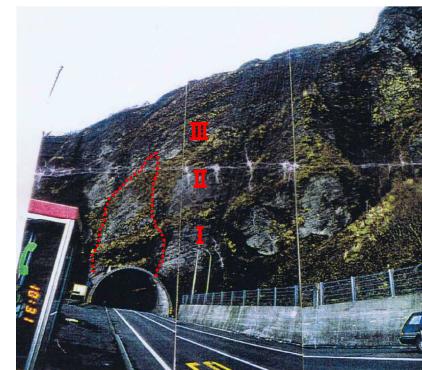
:初期亀裂深さを40mと仮定、横方向静水圧を作成。

崩落原因:

- 岩盤に内在する不連続な亀裂が、地形・地質の生成過程とその後の環境変化によって生じた岩石の特性、地下水の影響および自重・地下水圧・氷結圧等によって次第に進展し、互いに連続することによって、発生。
- 崩落数日前から気温低下に伴う凍結が進んでおり、地下水位の上昇による背面地下水圧の増加あるいは含水比の増加に伴う岩盤強度低下により崩落岩体は安定を失い、落下した。

33

豊浜トンネル 岩盤崩落 ~発生機構(5)~

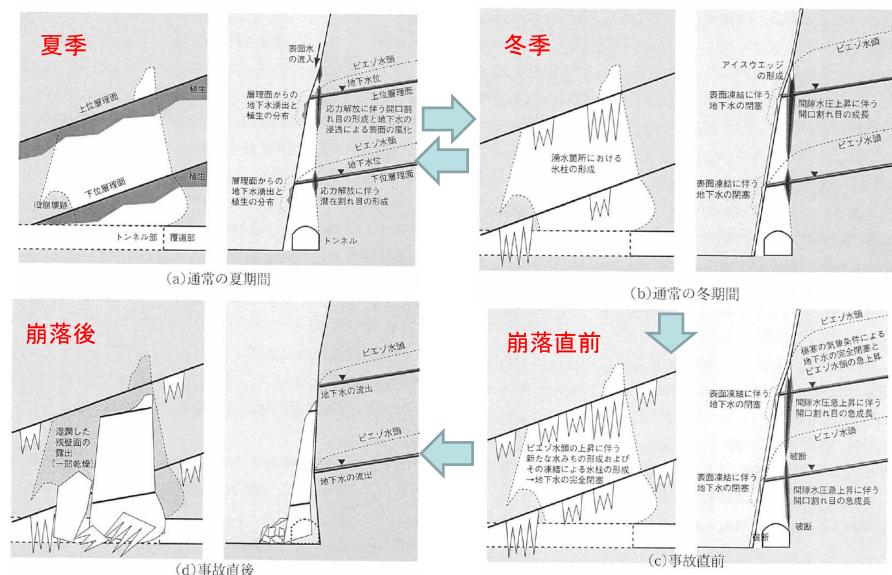


崩落前



崩落後(土砂除去後)

豊浜トンネル 岩盤崩落 ~発生機構(6)~

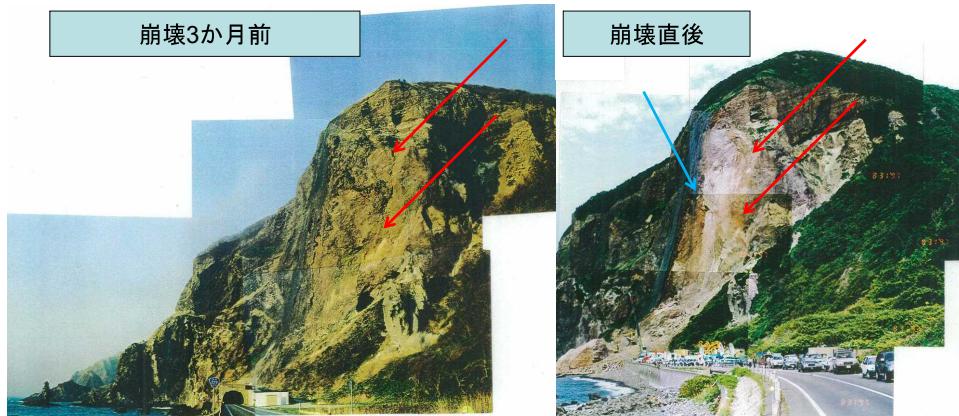


豊浜トンネル 岩盤崩落 ~その他、特記すべき事項~

- 道路防災点検の基本からの見直しが行われ、「平成8年度道路防災総点検要領(豪雨・豪雪等)」(1996.8)に基づいて、点検技術講習会を全国で開催したのち、「平成8年度道路防災総点検」を実施、継続的な変化情報を得るため「道路防災カルテ点検」を導入。
- 国家賠償訴訟の判決では、崩落原因については崩落岩盤背後の亀裂の進展と残柱の岩盤支持力の不足を指摘するにとどめ、「トンネルの建設後における、緊急時の通報設備の利用方法に関する周知の欠如の瑕疵」に対して、損害賠償責任が認められた。
- 恒久対策として、崩壊箇所を迂回するトンネルが施工された。
- 対象斜面の長期にわたる経時変化の把握が重要。
- 急崖岩盤斜面のテストフィールドでの長期モニタリングが必要。

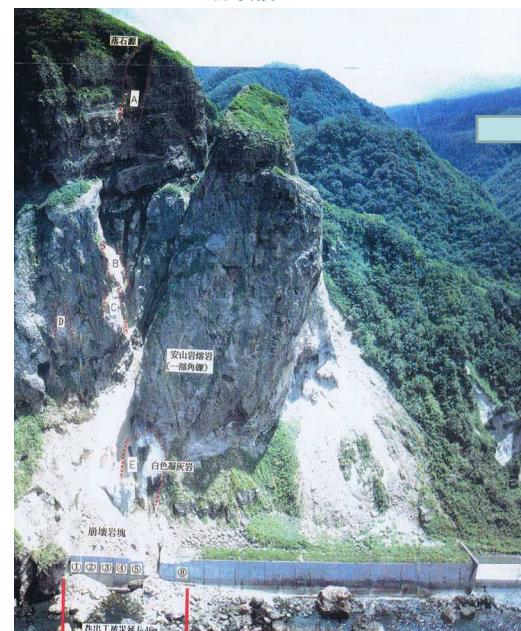
⑨ 国道229号 第2白糸トンネル 【崩落】平成9(1997)年8月25日発生

(第2白糸トンネル崩落事故調査委員会: 第2白糸トンネル崩落事故調査報告書, 1998)

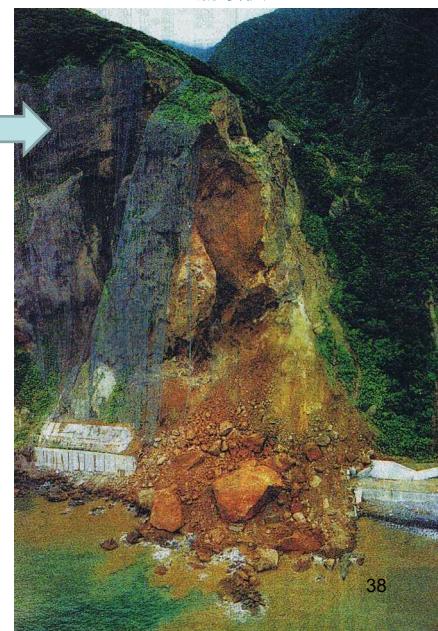


北海道後志管内島牧村の国道229号第2白糸トンネルでの岩盤崩壊。トンネル入り口の洞門部が岩盤崩壊により押しつぶされた。高さ100m×幅30m×厚さ10m、約20,000m³。この4年前の平成5(1993)年7月12日の北海道南西沖地震【震度5】の際には、近傍斜面の上部で2,500m³の崩落が生じた。³⁷

崩壊前



崩壊後



第2白糸トンネル 平成9(1997)年8月28日発生の2次崩壊【すべり】

(神尾重雄・吉松弘行・綱木亮介・脇坂安彦: 国道229号第2白糸トンネルにおける岩盤崩壊, 土木技術資料39-11, 1997)

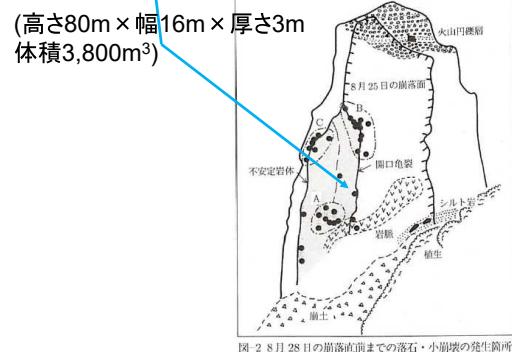


図-3 8月28日の崩落までの落石・小崩壊の発生箇所
A.B.Cは主な落石・小崩壊の発生箇所(図-2参照)

39

⑩ 天鳥橋西ほか岩盤モニタリング 【転倒】

(財)道路保全技術センター: 岩盤崩壊モニタリング要領(案), 2003.)

場所: 国道42号旧道 和歌山県西牟婁郡
すさみ町天鳥地先
崩壊発生日: 1999(平成11)年3月15日



天鳥橋西 テストフィールド

岩盤モニタリングのテストフィールド
崩壊規模: 幅6m, 高さ8m, 奥行き2m,
体積100m³
被害: なし

地質: 古第三紀漸新世四万十層群の
塊状砂岩
地形: 海食崖の壁面
素因: ゆるみ性の亀裂部に降雨後の浸透
水圧が断続的に作用. 崩落時は
無降雨.

40

天鳥橋西 岩盤モニタリング～経緯～

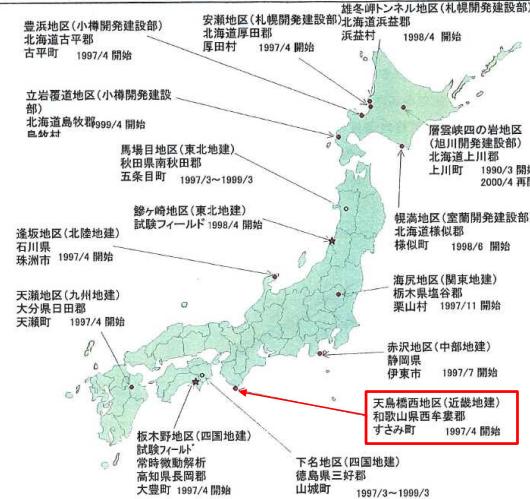
1996(平成8)年2月の豊浜トンネル坑口岩盤崩落後、事故調査委員会の提言【長期モニタリングおよび岩盤斜面監視システムの構築】等を受け、平成8年から全国のテストフィールドでモニタリングを開始、最長8年余の計測を継続

・テストフィールドでは変位・変形の微小な累積から崩壊までの計測データを得た。

・自然崩壊発生は「天鳥橋西」地区のみ。

・岩盤モニタリングで微小な前兆現象をとらえることで、監視の補助手段として岩盤崩壊を予知できる可能性がある。

全国岩盤モニタリング実施個所

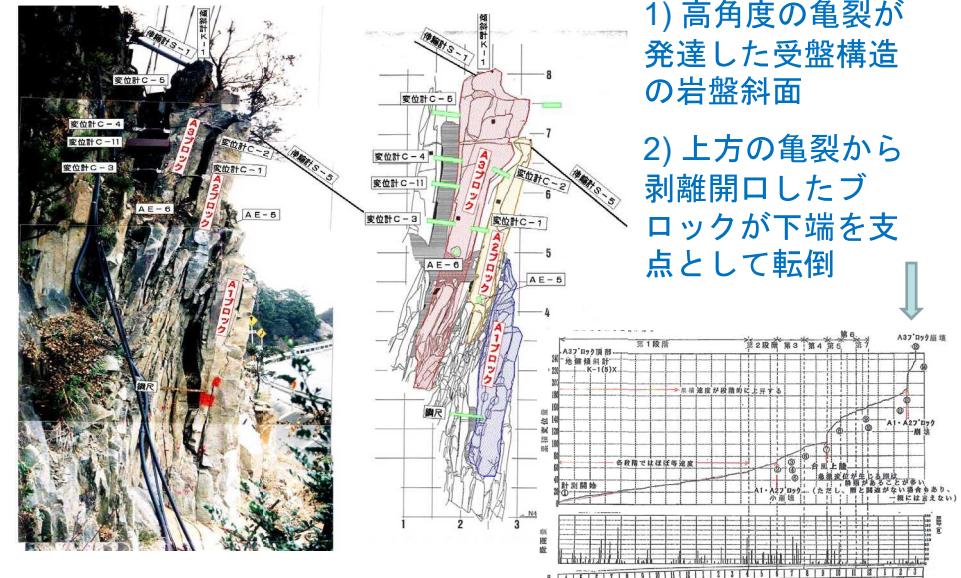


41

天鳥橋西 岩盤崩壊～発生機構(1)～

1) 高角度の亀裂が発達した受盤構造の岩盤斜面

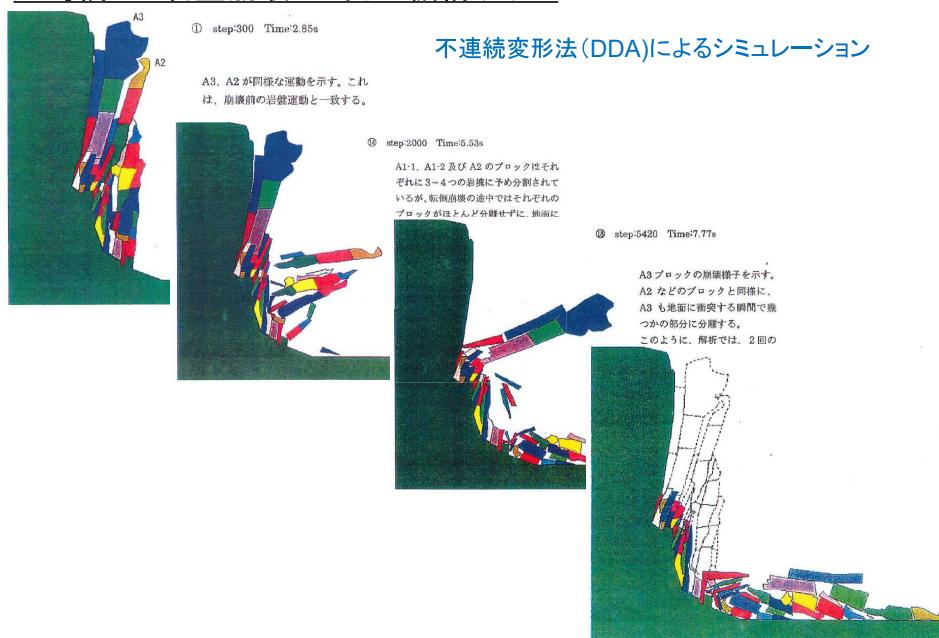
2) 上方の亀裂から剥離開口したブロックが下端を支点として転倒



天鳥橋西 岩盤崩壊～発生機構(2)～

43

不連続変形法(DDA)によるシミュレーション

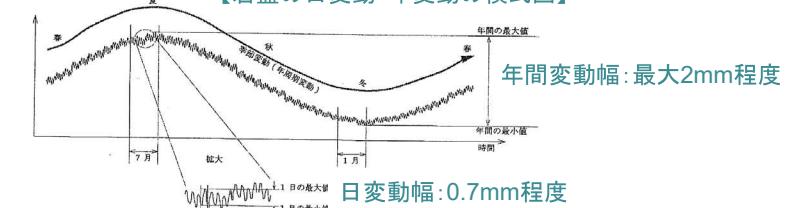


天鳥橋西ほか岩盤モニタリング～その他、特記すべき事項(1)～

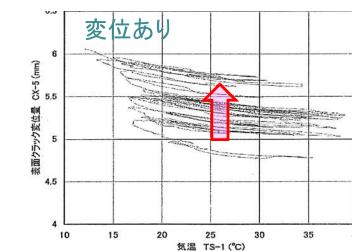
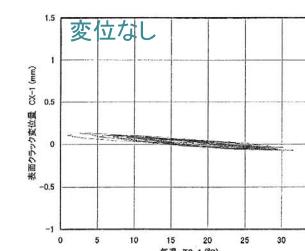
・岩盤モニタリング要領(案):2003の作成

・気温等による周期的な計測データ

【岩盤の日変動・年変動の模式図】



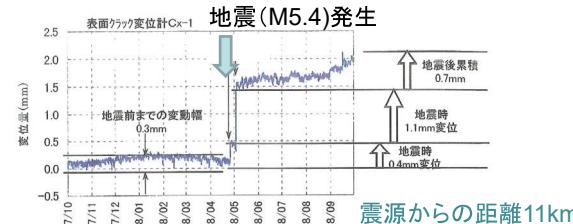
・温度と計測値との相関: 相関性が崩れていく過程から変位の累積が判断できる



44

天鳥橋西ほか岩盤モニタリング～その他、特記すべき事項(2)～

- 地震時の挙動：地震時に変位、その後軽微に累積



- センサーの有効性は地質、崩壊形態に応じて異なる。

- 岩盤の変位は段階的な動き(スティックスリップ)を示す。

- 設置岩盤の亀裂の頻度が高いと、センサーの設置方法等で測定値にノイズが多く、有為な観測データが得られにくい。

- センサーの測定レンジを事前に把握しておく必要がある。

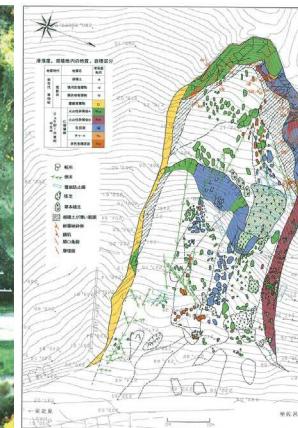
- 非接触型の計測方式が望まれる。

45

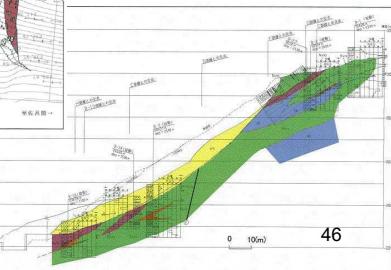
⑪ 国道333号 北見北陽【すべり】平成13(2001)年10月4日発生

(土木学会:岩盤崩壊の考え方—現状と将来展望—, 2004.)

高さ70m、幅40m、奥行き100m、最大深さ20m、24,000m³



中生代ジュラ紀に噴出した海山(玄武岩質の枕状溶岩や岩脈、ハイアロクラスター)および火山性碎屑岩類などの緑色岩類)とその周りの石灰岩などの岩石からなる白亜紀の付加体。
約40°の流れ盤。



⑫ 国道336号えりも【すべり】

47

(一般国道336号えりも町斜面崩壊調査委員会:一般国道336号えりも町斜面崩壊調査報告書, 2004.)

場所: 国道336号北海道幌泉郡えりも町
庶野t地先
崩壊発生日: 2004(平成16)年1月13日



地質: 白亜紀日高变成岩類の塊状
泥質ホルンフェルス、ひん岩
岩脈、45~60°の高角度の
流れ盤と受け盤構造

地形: 海食崖

・要因: 融雪水、地震等で岩石・岩盤
の抵抗力の減少が加速

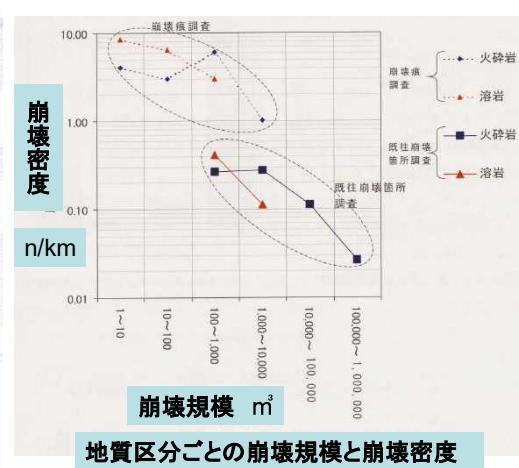
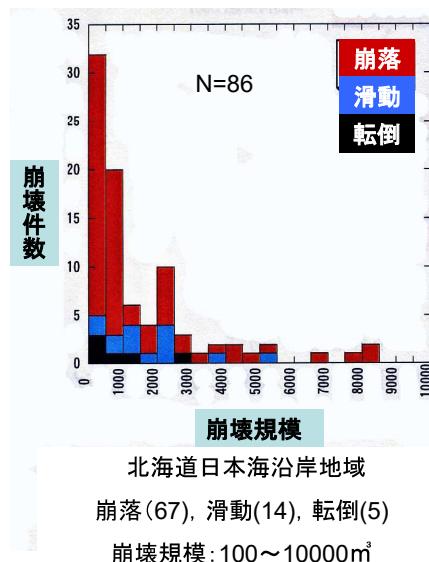
崩壊規模: 高さ約100m 斜面長約120m 幅約90m
最大厚さ約17m 体積約42,000m³

被害: 落石覆工約72m区間が破壊。斜面監視中の1名が死亡、道路パトロールカー運転手の1名が負傷。

(3) 岩盤崩壊の規模と発生頻度

48

A地域における岩盤崩壊の規模と発生件数



出展: 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩壊検討委員会報告(2000)

A地域における岩盤崩壊の規模と地形地質条件

地形条件	最大崩壊規模	小規模	↔	大規模
	比高	低	↔	高
地質条件	形態	III	↔	I・II
	地質区分	溶岩・貫入岩	火碎岩	塊状
	分離面密度	高	↔	低

出展: 北海道日本海沿岸における
大規模岩盤崩壊検討委員会報告(2000)

50

3. 岩盤斜面崩壊の発生頻度の想定

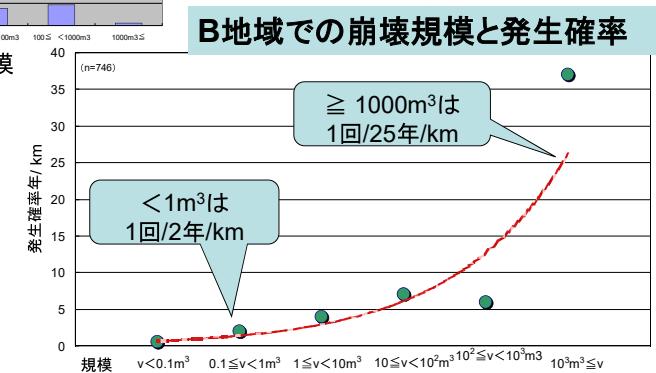
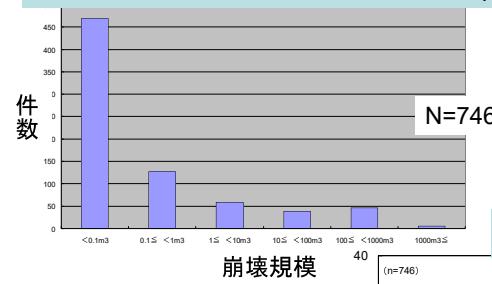
データを集積すると有効
年間の発生頻度をKm単位で整理する(N回/年/km)

B地域



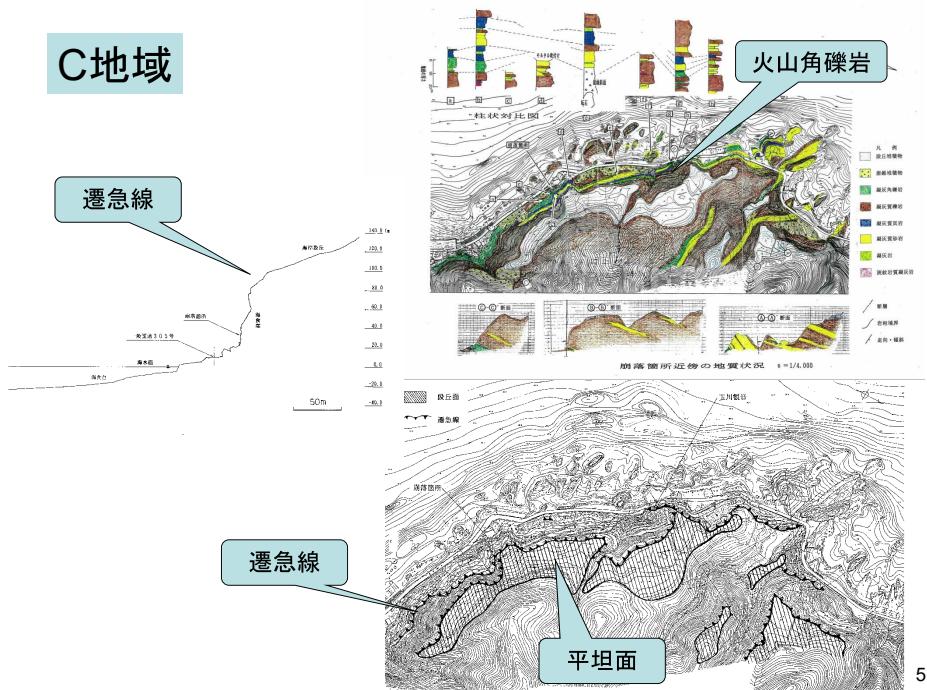
B地域における岩盤崩壊の規模と発生頻度

B地域での崩壊規模と発生件数 (1959年~1985年, 10km区間)



52

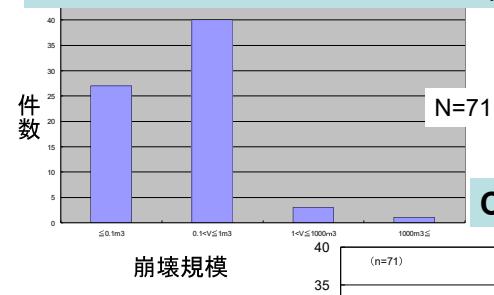
C地域



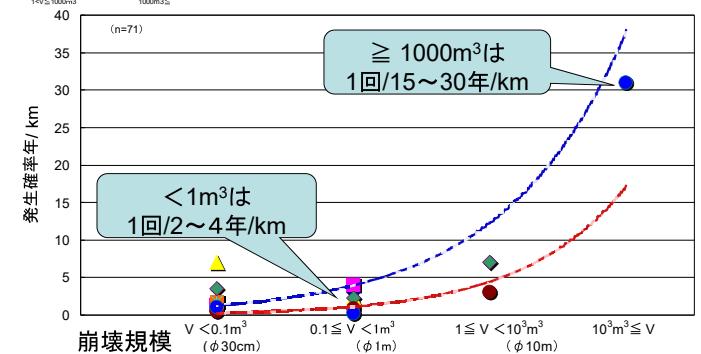
53

C地域における岩盤崩壊の規模と発生頻度

C地域での崩壊規模と発生件数 (1958~1989年, 1km 区間)



C地域での崩壊規模と発生確率



(4) 岩盤崩壊等による吹付けのり面の不安定化

; 岩盤崩壊, 地すべり, 地震による
吹付けのり面の不安定化

【吹付けのり面 診断・補修補強の手引き_のり面診断・
補修補強研究会(2013)による】

55

地すべりによる吹付けのり面の不安定化



写真 3.6.1 平成 16 年 4 月の全景



写真 3.6.2 平成 16 年 5 月の全景
(道路山側のり面の崩壊発生後)



写真 3.6.3 平成 16 年 5 月 3 日
終点側国道のり面が崩壊



写真 3.6.4 平成 16 年 5 月 27 日
吹付け棒工の変状
(徐々に顕著になってきた)

56



写真 3.6.5 平成 16 年 7 月 7 日
山側もたれ式擁壁の亀裂と押出し



写真 3.6.6 平成 16 年 8 月 9 日
崩落直前の吹付けのり枠の状況
(変状が顕著になってきている)



写真 3.6.7 平成 16 年 8 月 9 日
崩落直前の国道路面の状況
(段差開口が明瞭になってきている)



写真 3.6.8 平成 16 年 8 月の全景
(地すべり崩落後)

57

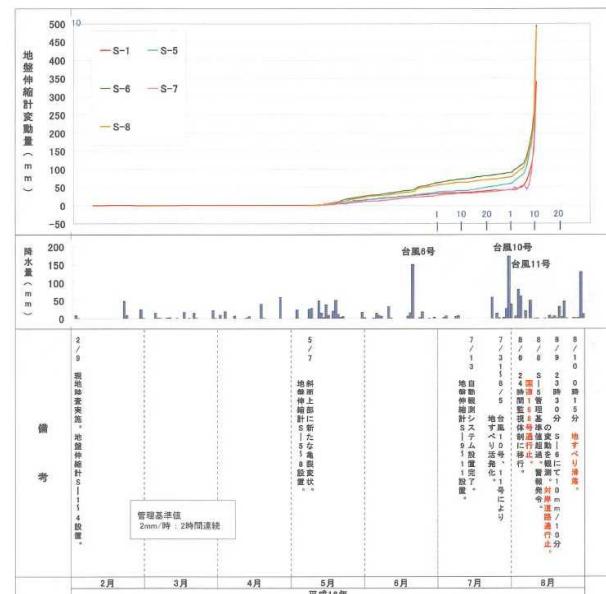


図 3.6.3 A 地区地すべり時系列

58

地震による吹付けのり面の不安定化



写真 3.7.1 吹付の剥落(新島・神津島近海地震)



写真 3.7.2 吹付けのり面の崩落(芸予地震)*



写真 3.7.3 吹付けのり面の崩壊(中越地震)



写真 3.7.4 吹付けのり面の崩壊(中越地震)

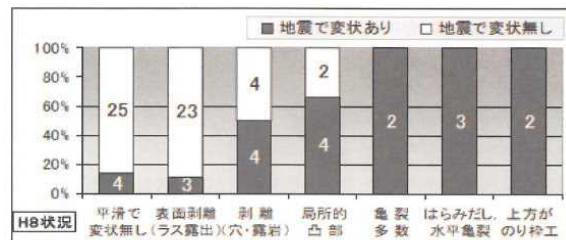
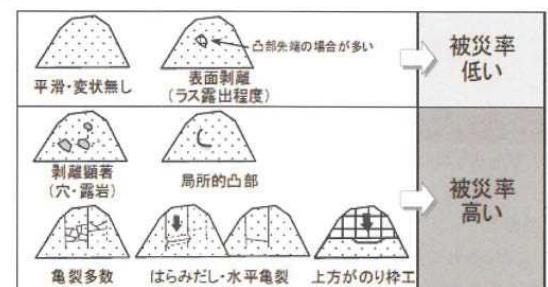


図 3.7.1 地震前(平成 8 年)の状況ごとの被災率¹⁰⁾

(一般国道 397 号)

表 3.7.1 留意すべき吹付工の変状¹⁰⁾



59

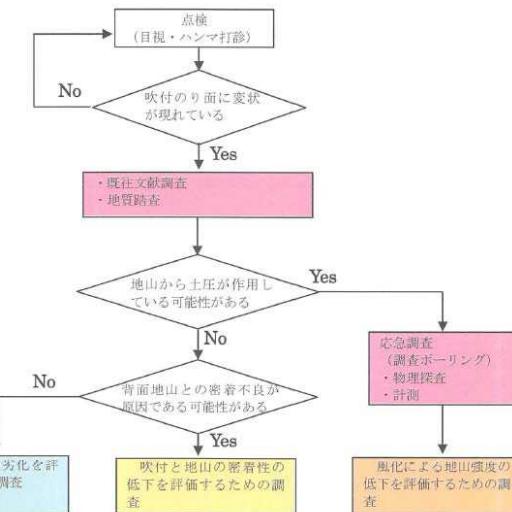
60

(5) 岩盤崩壊の点検、調査、対策工

【吹付けのり面 診断・補修補強の手引き
_のり面診断・補修補強研究会(2013)による】

61

吹付けのり面の点検・調査



吹付け自体の劣化を調査する方法は、点検の手法（目視観察・ハンマ打診）と重なっており。その他の方法も目的が限定されたものが多いため、必要に応じて実施する。

変状の発生が、背面地山における地すべりや大規模崩壊に起因するもので
あることが懸念される場合は、広域的な調査が必要となる。

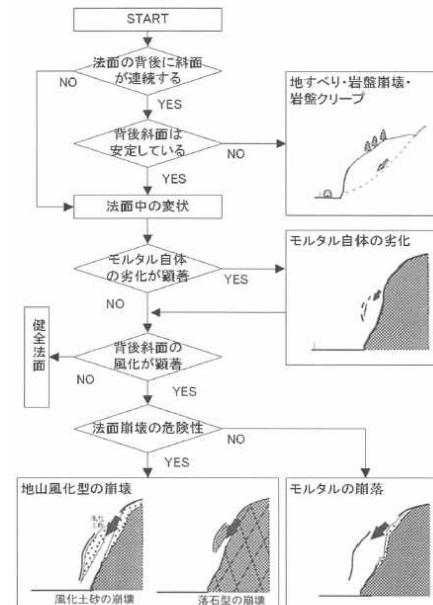
吹付けのり面の調査方法の選定

62

吹付けのり面の主な調査方法

現象	方法	目的
吹付け自体の劣化を評価するための調査	目視観察	劣化範囲、深さ
	ハンマ打診法	吹付の浮き・表面剥離の範囲
	コア採取・フェノールフタレン溶液噴霧	中性化の進行深さ
	コア採取・一軸圧縮試験	吹付の一軸圧縮強度、内部欠陥の有無
	超音波探傷法	ひび割れ深さ
吹付けと地山の密着性の低下を評価するための調査	熱赤外線映像法	背面空洞や、吹付けと地山の境界部の風化範囲、漏水位置
	ハンマ打診法、地中レーダー法 弾性波法（打音法、振動法）	背面空洞範囲
	部分破壊を伴う手法 (穿孔、コア採取、剥ぎ取り)	背面空洞の範囲・厚さ・風化の深さ
	調査ボーリング・コア観察	風化の深さ、状態 割れ目の分布・風化状態
風化による地山強度の低下を評価するための調査	調査ボーリング・ポアホールスキャナ観察	風化の深さ、状態 割れ目の分布・風化・開口状態（縫み深度）
	削孔検層	風化の深さ、状態
	物理探査 (屈折法弹性波探査、表面波探査など)	風化の範囲、深度 岩盤の縫み範囲・深さ

63



背後斜面を考慮した吹付けのり面の総合的評価の例

64

岩盤崩壊の形態と前兆現象

岩盤崩壊の形態	模式図	前兆現象 および 着目点
崩落		
すべり		
転倒		
座屈		

岩盤斜面の調査と対策: 土木学会(1999)による

65

岩盤崩壊の詳細調査の項目と適用性

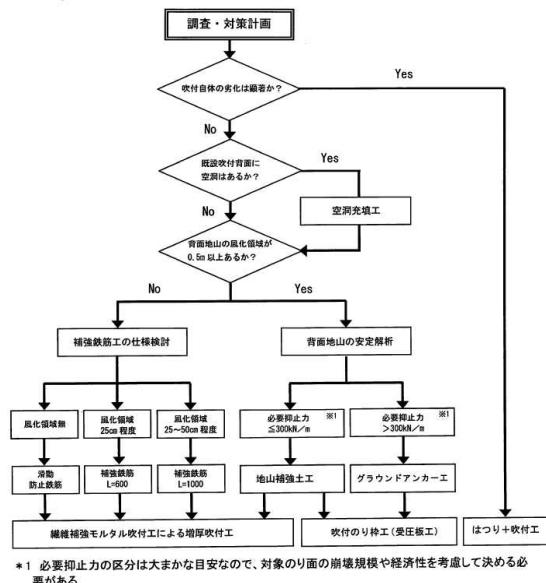
調査項目	調査手法			備考
	空中写真の判読	地図調査	地盤調査	
斜面の形状	○	○	○	
斜面傾斜	○	○	○	
地				基本的に概査により対応するが、より詳細に調査を行う。
斜面の高さ・道路の位置	○	○	○	
斜面型	○	○	○	
斜面の形態遷移	○	△	△	
形	△	○	○	
オーバーハングの有無	△	○	○	
浸食線の有無	○	○	○	
斜面の断面地形	△	○	○	
岩種・岩質	△	○	○	構成岩種・硬さ等
風化の程度・岩盤のゆるみ	△	○	○	
構成岩の密度	△	○	○	
断層・節理帶の分布	○	○	○	
不連続面の分布・位置	△	○	○	規模・連続性
不連続面の走向・傾斜	△	○	○	
不連続面の状況(閉口・シーム)	○	○	○	光てん物
不連続面の力学係数			○	
斜面内蔵のせり出しがる岩の存在	△	△	△	破砕部等
地下水・湧水の状況	△	○	○	
間隙水压の推定	△	△	△	
植生・木々の分布状況	△		○	
発生後の落下経路の推定	△	○		
既設対策工の状況				(別途構造物調査を行う)
過去の災害履歴				
開口亀裂の有無・程度				
新規の小崩壊・落石				
浮石の分布状況				
ゆるみが著しい地層・岩盤の有無				

○: 特に有効な調査、○: 有効な調査、△: 場合によっては有効な調査

岩盤斜面の調査と対策: 土木学会(1999)による

66

吹付けのり面の対策



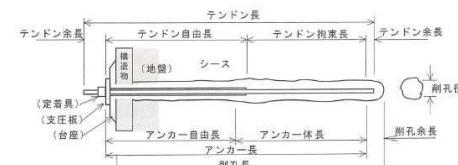
のり面の状態に応じた大規模補強の考え方

67

グラウンドアンカー工

概要

吹付背面地山の大きさに応じて、地中にグラウンドによって造成する定着部（アンカ一体）と地表付近の構造物を、高強度の引張材（テンドン）で連結し、引張力を利用して安定させるのり面安定工法。前述の地山補強工に比べ、必要となる抑止力が大きい場合や、定着部となる不動岩盤が深い場合に適用される。通常の斜面安定工として用いられている工法であり、設計・施工マニュアル^{13), 14)}が発刊されている。



68

長大斜面(地すべり・岩盤崩壊)の対策

表 5.7.1 長大斜面対策工の例(①不安定部を除去する工法)



頭部排土工 (地すべり地)

排土工 (緩み岩盤)



排土工
不安定部を除去するためにのり面を
切り直し

69

表 5.7.2 長大斜面対策工の例(②不安定部を安定化させる工法)



グラウンドアンカーワーク



根固め工

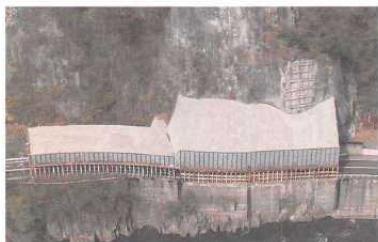


岩盤接着工

70

対策工事例(1)

表 5.7.3 長大斜面対策工の例(③待受け工法)



ロックシェッド工

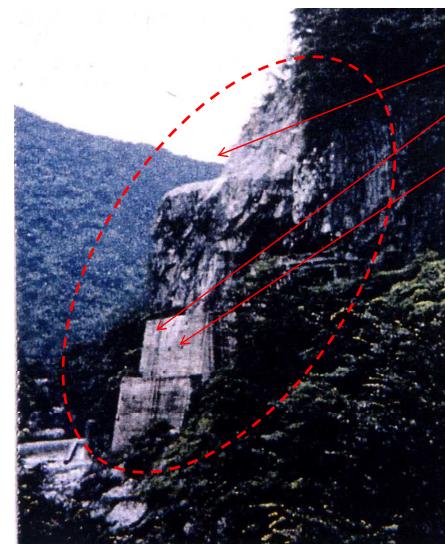


高エネルギー吸収網 (カーテンネット工)

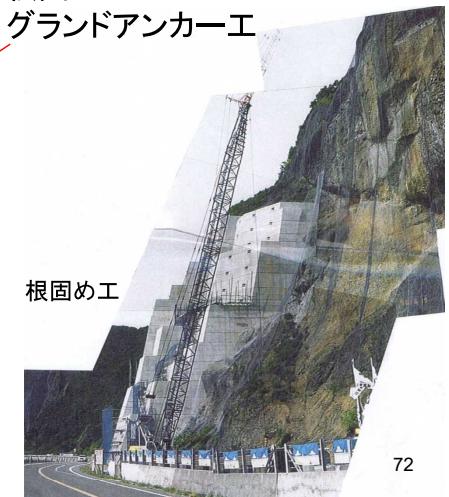


高エネルギー吸収網
(ハンモック型エネルギー吸収ネット工)

71



排除工
根固め工
グラウンドアンカーワーク



根固め工

72

対策工の例(2)



73

対策工の例(3)



崩落型の岩盤崩壊対策(4)



75

演題:

「岩盤崩壊の発生とこれに伴う吹付け法面の不安定化」

内容:

- (1)平成元(1989)年 越前海岸の岩盤崩壊とその後の対応
- (2)全国の岩盤崩壊事例
- (3)岩盤崩壊の規模と発生頻度
- (4)岩盤崩壊等による吹付け法面の不安定化
; 岩盤崩壊, 地すべり, 地震による吹付け法面の不安定化
- (5)岩盤崩壊の点検, 調査, 対策工

ご清聴、ありがとうございました。

76