



Title	函館市豊崎における落石メカニズム解明を目的とした長期モニタリング対象の旧道岩盤斜面を構成する岩石の特徴
Author(s)	富樫, 晃平; 小玉, 齊明; 山, 真典 他
Description	資源・素材学会 平成26年度春季大会、2014年3月26日（水）～28日（金）、東京大学 生産技術研究所、東京都
Citation	資源・素材学会春季大会講演集, 2014, 33-1
Issue Date	2014-03-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58273
Type	conference paper
File Information	MMIJ2014, Spring Meeting, 33-1.pdf



函館市豊崎町における落石メカニズム解明を目的とした長期モニタリング対象の旧道岩盤斜面を構成する岩石の特徴

Rock Characteristics of Old Road Slope aiming to Clarify Rock Fall Mechanisms at Hakodate, JAPAN

富樫 晃平(北大院) **実講演者**

小玉 齊明(函館高専)

山 真典(ドーコン)

菅原 隆之(北大工)

畠山 葵(北大院)

福田 大祐(北大工)

加藤 昌治(北大院)

川崎 了(北大工)

藤井 義明(北海道大学)

落石メカニズムの解明を目的に各種調査・計測が行われている表記急崖斜面を構成する岩石は、海底火山由来の中新統の単斜輝石-斜方輝石玄武岩で、RQDは $67.3 \pm 20.2(4)$ (以下、測定値が複数ある場合は平均値 $\pm$ 標準偏差(測定数)で示す)である。この玄武岩は主に斜長石・単斜輝石・斜方輝石から成り、二次鉱物として毒重石・沸石を含んでいる。新鮮部 $\rightarrow$ 不連続面 $\rightarrow$ 内部の変色部分 $\rightarrow$ 表面の変色部分の順に輝石が風化してできたスメクタイト量が増加している。絶乾密度は $2718 \pm 36(8)$ kg/cm³、飽和密度 $2747 \pm 30(8)$ kg/cm³、有効空隙率 $3.10 \pm 1.14(8)$ %、一軸圧縮強度は気乾・含水飽和状態でそれぞれ $186.0 \pm 0.2(2)$ 、 $167.9 \pm 28.9(3)$ MPa、圧裂引張強度は気乾・含水飽和状態でそれぞれ $8.9 \pm 2.5(8)$ 、 $8.0 \pm 0.7(8)$ MPa、静的ヤング率・ポアソン比は気乾・含水飽和状態でそれぞれ94.47 GPa、0.20、76.8 GPa、0.21、気乾状態での熱伝導率は $2.02 \pm 0.11(3)$ W/mk、比熱は $1183 \pm 114(2)$ J/kg $\cdot$ Kであった。

1.はじめに

北海道の道路斜面では、過去に大規模な岩盤崩壊が発生し、多くの現場計測が行われてきた。その結果、既存亀裂の夏冬開閉(経年的な周期的変動)により、不可逆的な変位が残留して岩盤のブロック化が顕著になることがわかってきた。しかしながら、いまだに岩石ブロックがなぜ落ちるのかはわかっておらず、危険にみえる岩石ブロックが落ちず、未対策のブロックが落ちることがままある。そこで筆者らは落石となりうる岩石ブロックが落ちるメカニズムの解明を最終目的として函館市豊崎町の旧道岩盤斜面で長期モニタリングを開始した。ここでは当該斜面を構成する岩石の特徴及び計測の経過を報告する。

2.現場計測の概要

2012 年 12 月より北海道函館市豊崎町の旧道沿いのほぼ垂直な岩盤斜面で、岩盤表面にみられる亀裂と壁面から水平に掘削したボーリング孔内にみられる亀裂の開口変位の計測を行っている。現場斜面は北海道開発局函館開発建設部函館道路事務所の管理用地内にあり、海底火山が由来の亀裂質で硬質な新第三系の単斜輝石-斜方輝石玄武岩で構成されている。

岩盤斜面上にはいくつかの不安定な岩体が存在している(表 1、図 1)。

表 1 岩盤の特徴的な岩体

岩体	岩体の特徴	サイズ
A	3 面以上が開放しており、オーバーハング状態である。	0.9 m×0.5 m
B	岩体 A と同様にオーバーハング状態である。	3.8 m×1.5 m
C	3 面を亀裂に囲まれており、亀裂の発達したキープロックに載っている状態である。	2.7 m×1.0 m
D	岩体 C の下部にある亀裂の発達したキープロックである。	0.5 m×0.4 m
E	剥離性の岩体であり、現在孔内亀裂変位の計測 B1 を行っている。	2.2 m×1.9 m
F	基部が流れ盤で、不規則な亀裂が発達する岩体。	2.4 m×1.9 m

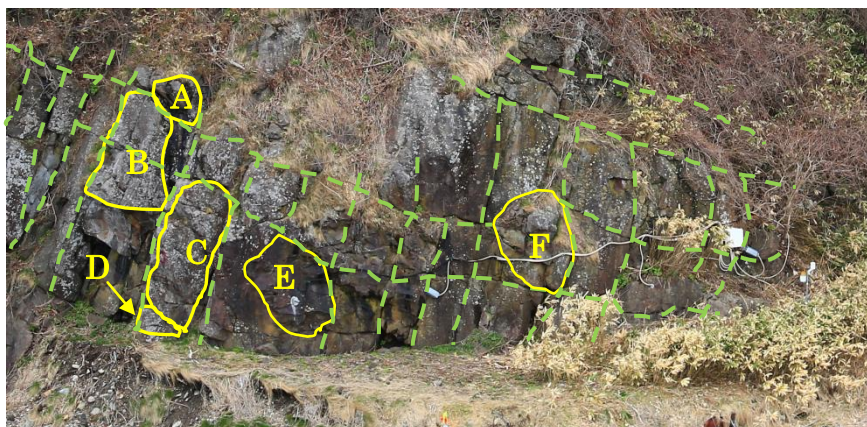


図 1 岩盤斜面上の不安定な岩体

3.斜面を構成する岩石の特徴

3.1 鉱物学的特徴

薄片観察と XRD 分析において、現場斜面を構成する玄武岩は主に斜長石・単斜輝石・斜方輝石から成り、毒重石・沸石を含んでいた。毒重石はこの岩石が海底火山の噴火によりできた際に生成され、沸石は地下水や雨水と玄武岩との相互作用で生成された二次鉱物と考えられる。

岩盤表面の変色部分(岩盤表面からの深さ 0～5cm)、岩盤内部の変色部分(深さ 5～15cm)、岩盤中の不連続面(深さ 40.2cm)、岩盤内の変色していない部分(深さ 70 cm)の 4 か所(図 2)について行った XRD 分析の結果、岩盤表面に近づくにつれてスメクタイトのピークが高くなっていることがわかった(図 3)。

また、現地岩盤表面には黄色い付着物がみられ、これが何であるか同定中である。

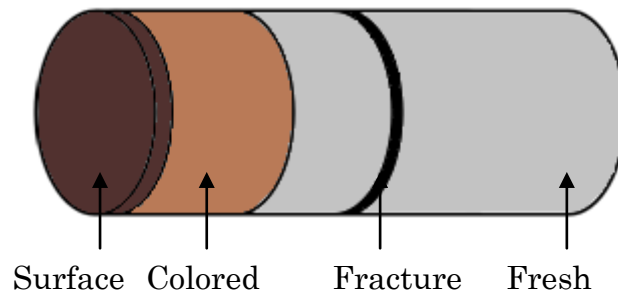


図 2 サンプル採取地点の模式図

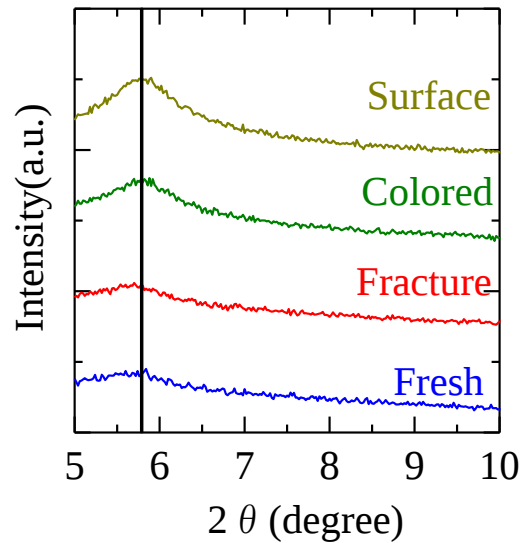


図 3 部位毎の X 線回折チャート

3.2 力学的・熱的性質

現地から採取したボーリングコアを使用し力学的・熱的物性値を測定した。なお、絶乾状態とは 80℃の恒温槽に 3 週間静置したもの(含水率 0 %)、気乾状態とは気温 20℃、湿度 30%の実験室に 3 週間静置したもの(含水率 $0.44 \pm 0.02(2)$ %)、含水飽和状態とは浸水脱気法により 2 週間かけて含水飽和させたもの(含水率 $1.31 \pm 0.43(7)$ %)を指す。(このように、測定値が複数ある場合は平均値±標準偏差(測定数)で示す)。

RQD・絶乾密度・含水飽和密度・有効間隙率を測定したところ表 2 のようになった。RQD は現場斜面から採取した 4 本のコア(長さ $86.8 \pm 12(4)$ cm)について測定した。岩石コアの P・S 波速度を測定した結果、P 波速度は含水率の増加に伴い、一回減少した後増加した。これは井上ら(1971)や中尾ら(2007)にも示されている一般的な傾向である。また、一軸圧縮強度・圧裂引張強度は大きく、石が健全であれば落石は生じ得ない。熱伝導率・比熱は國府ら(2007)における値とほぼ一致した。

表 2 物性値一覧

RQD	$67 \pm 20(4)$
絶乾密度	$2718 \pm 36(8) \text{ kg/m}^3$
含水飽和密度	$2757 \pm 25(7) \text{ kg/m}^3$
有効空隙率	$3.61 \pm 1.15(7) \%$
P波速度(絶乾状態)	$4778.3 \pm 176.8(8) \text{ m/s}$
P波速度(気乾状態)	$4718.1 \pm 221.1(6) \text{ m/s}$
P波速度(含水飽和状態)	$4787.8 \pm 159.1(8) \text{ m/s}$
S波速度(絶乾状態)	$2529.8 \pm 105.3(8) \text{ m/s}$
S波速度(気乾状態)	$2527.5 \pm 73.7(6) \text{ m/s}$
S波速度(含水飽和状態)	$2478.9 \pm 66.3(8) \text{ m/s}$
一軸圧縮強度(気乾状態)	$186.0 \pm 0.2(2) \text{ MPa}$
一軸圧縮強度(含水飽和状態)	$167.9 \pm 28.9(3) \text{ MPa}$
圧裂引張強度(気乾状態)	$8.9 \pm 2.5(8) \text{ MPa}$
圧裂引張強度(含水飽和状態)	$8.0 \pm 0.7(8) \text{ MPa}$
静的ヤング率(気乾状態)	$94.47(1) \text{ GPa}$
静的ヤング率(含水飽和状態)	$76.8(1) \text{ GPa}$
静的ポアソン比(気乾状態)	$0.20(1)$
静的ポアソン比(含水飽和状態)	$0.21(1)$
熱伝導率(気乾状態)	$2.02 \pm 0.11(3) \text{ W/mK}$
比熱(気乾状態)	$1183 \pm 114(2) \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

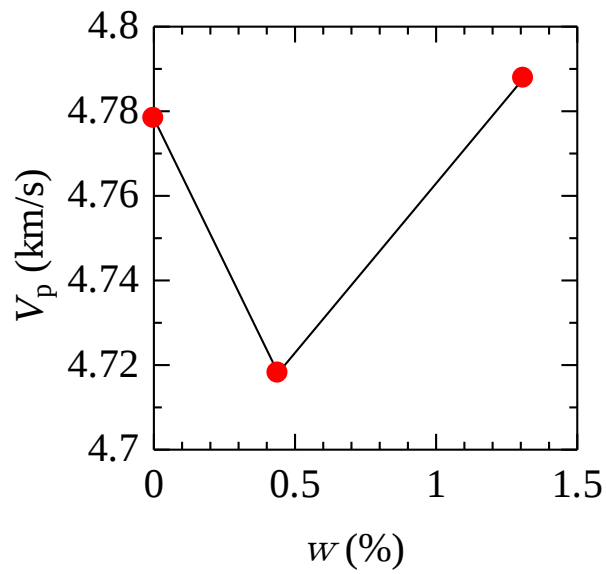


図4 含水率とP波速度の関係

4.計測項目

岩盤表面にみられる不連続面3か所をまたぐように表面亀裂計H1～H3(共和電業社製、BJ-5AT、 ± 5 mm)を、ほぼ水平に掘削した3つのボーリング孔内にみられるそれぞれ1箇所の不連続面をまたぐように孔内亀裂計(東京測器社製、KG-2A、 ± 2 mm)を設置した(図5、6)。また、同時に岩盤温度を表面から20 cm毎に約100 cmまでの6深度で、さらに気象条件として気温・湿度・気圧を測定した。データはロガー(Campbell Scientific 社 CR-1000、13 bit、バッテリー駆動)によりサンプリング間隔10分で記録した。

孔内亀裂変位が埋設されている岩体表面の特徴として、B1では黄色い付着物が、B2は白い地衣類が、B3は黄色い付着物と白い地衣類が多くみられる。

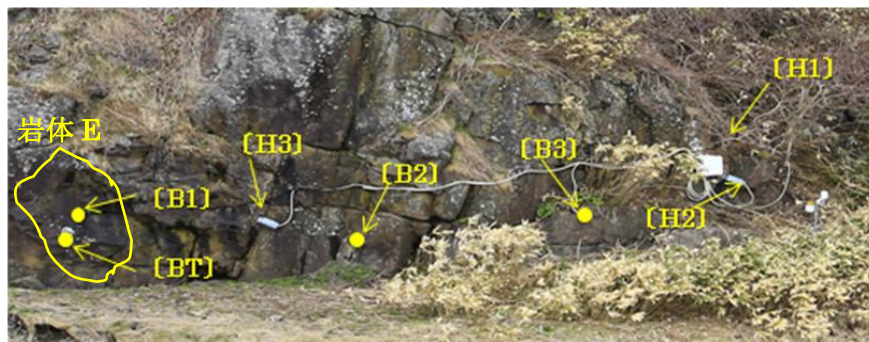


図5 計測対象岩盤斜面

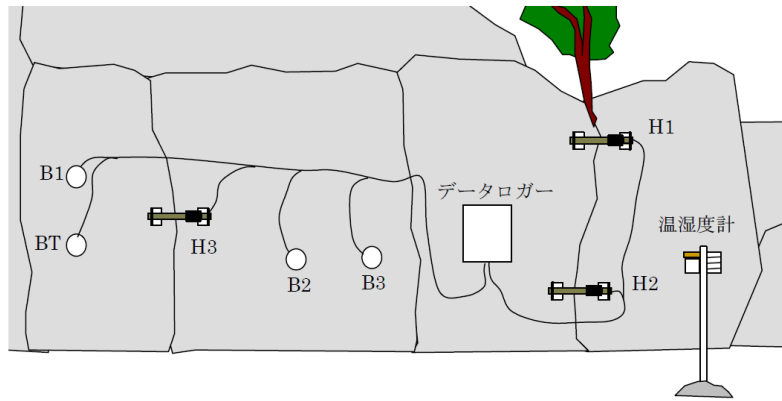
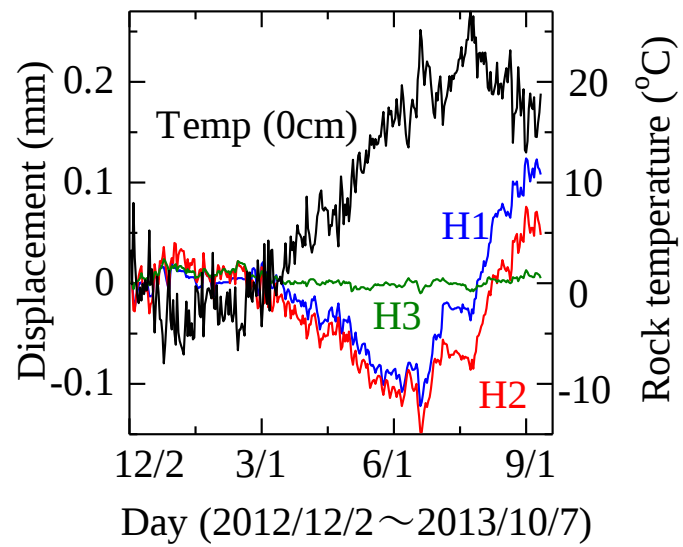


図 6 計測の概略図

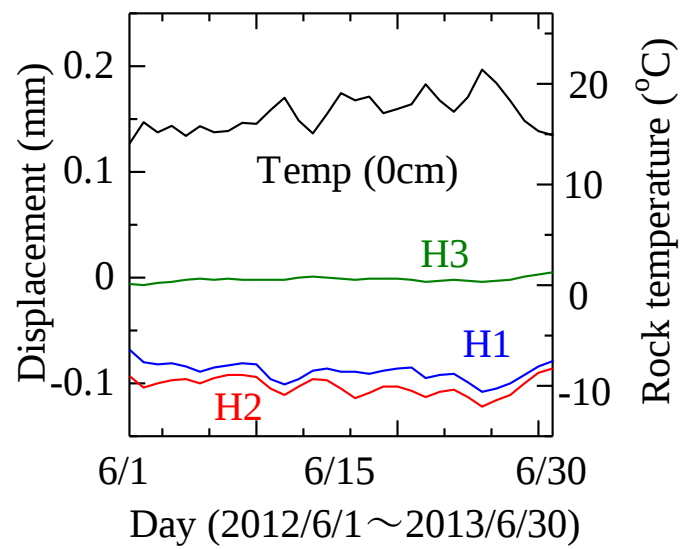
5. 測計結果

2012/12/2 から 2013/10/7 までに得られた亀裂変位の経時変化を図 7、8 に示した。いずれも変位は亀裂が開く方向を正としている。岩盤表面の亀裂変位には既存の研究結果同様、気温との強い相関関係が見られるが(図 7b)、それ以外の要因(降雨や地震など)も考えられるので検討中である。ボーリング孔内の亀裂変位(図 9)においては岩盤温度(岩盤表面からの深さ 60 cm)の関与は短周期のみ(図 8b)である。

従来の現場計測では、計測機器取り付けの際に穿孔など岩体に衝撃を与える作業が必要であったため、今にも落ちそうな岩体には計測機器の取り付けができず、結果的に岩体の落ちるメカニズムはなかなか明らかにできなかった。しかしながら、岩体の頂部に載せ、モルタルで固定する方式を利用することで 2013 年 12 月に据え置き型傾斜計(東京測器社製、KB-5AC、2 方向、 ± 5)を、オーバーハングした今にも落ちそうな岩体 A と今後の実験でキープロック D を取り外す際に変化がみられると予想される岩体 C の上部の 2 か所に設置し(図 9)、傾斜の計測を開始できた。

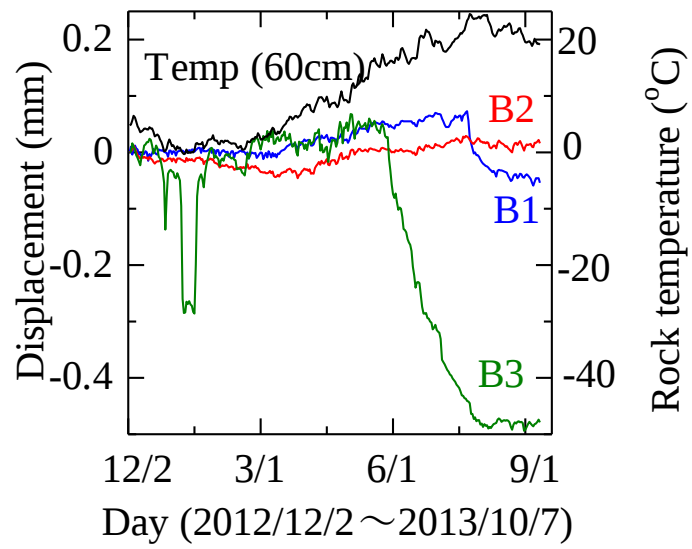


(a) 全体図

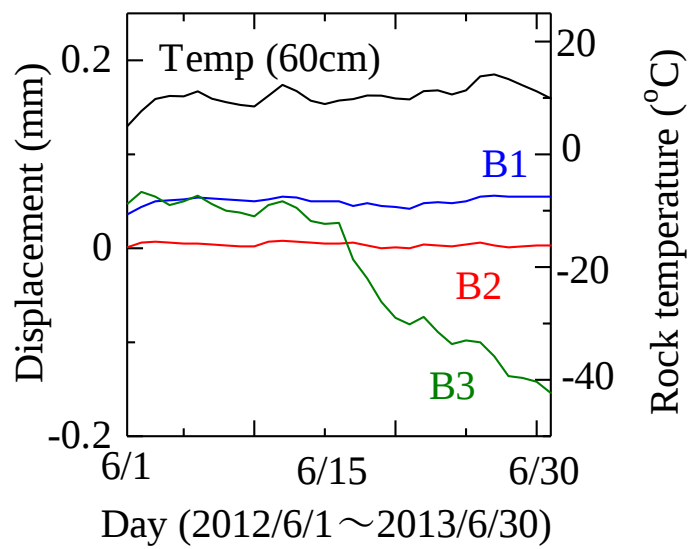


(b) 拡大図

図7 岩盤表面亀裂変位と気温の関係



(a) 全体図



(b) 拡大図

図8 孔内亀裂の変位と気温の関係



図9 岩体 A への据え置き型傾斜計の設置の様子

6. おわりに

函館市豊崎町の旧道岩盤斜面にて 2012 年 12 月に開始した長期モニタリングにおける対象岩盤の特徴と計測の経過について報告した。データを蓄積し、諸要因と亀裂変位や傾斜変化との関係について検討していきたい。2014 年度には傾斜計を取り付けた岩体 C の下部に設置するキーブロック D(図 10)を取り外す試験も予定されている。これらの取り組みにより岩盤ブロックの落ちるメカニズムを少しでも解明したい。

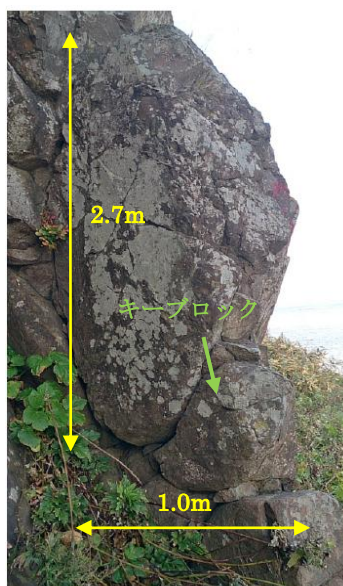


図 10 キーブロック拡大図

謝辞

本計測は北海道道路管理技術センターの研究事業の一環として行われた。また、現場使用・設置には北海道開発局函館開発建設部函館道路事務所に配慮頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 井上正康・大見美智人・守田順市(1973)、堆積岩の弾性波伝播速度、圧縮強さと含水比の関係、日本鉱業会誌、vol.88、No.3、pp.143-148
- 國府勝郎・十河茂幸・河野広隆・野口貴文・久田真・近松竜一(2007)、委員会報告 骨材品質と有効利用に関する研究委員会、コンクリート工学年次論文集、Vol. 29、No. 1
- 中尾堯雅・奈良禎太・村田澄彦・石田毅・金子勝比古(2007)、温度・湿度制御下における砂岩の P 波伝播特性、第 13 回岩の力学国内シンポジウム講演論集、pp.769-774.