謝辞

本調査に当たり、現地で被災された方には、緊急調査団より衷心より哀悼の念を捧げます。また大分県日田地方振興局耕地課検査用地主幹 佐藤洋太様および日田市経済部農政課基盤整備係長 財津隆

之様からは関連資料を提供して頂き、現地を案内して頂きました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

豊肥地熱地域地質図編集グループ (1982) 豊

肥地熱地域地質図説明書 地質調査所 佐々恭二 (2002): 地震豪雨時の高速土砂流動現象のメカニズムの解明, 地震豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明 (APERIF) 公開シンポジウム論文集

(原稿受付2003年8月28日, 原稿受理2003年9月9日)

礼文島元地の2003年5月25日崩壊—660トンの巨大岩塊が50m宙を飛び—

Rock failure at Motochi, Rebun Island on May 5, 2003: —a 660-ton rock block jumped 50m long—

石丸 聡／北海道立地質研究所
Satoshi ISHIMARU／Geological Survey of Hokkaido

三浦 實／明治コンサルタント(株)
Minoru MIURA／Meiji Consultant Co., Ltd.

河井宏文／北海道稚内土木現業所礼文出張所
Hirofumi KAWAI／Wakkanai District Public Works Management Office, Hokkaido Pref.

石井正之／明治コンサルタント(株)
Masayuki ISHII／Meiji Consultant Co., Ltd.

1. はじめに

2003年5月25日に礼文島南部の元地(図-1)で発生した崩壊は、谷筋を滑走した約660トンの巨大岩塊が他の崩壊土砂を水平距離約50mも飛び越えるという特異なマスムーヴメントであった。本報告では、このマスムーヴメントの崩壊源での破壊から巨大岩塊・土砂の移動過程について、堆積物や地形などから得られた情報を元に紹介する。

図-1 被災地点 礼文島元地

2. 崩壊概要

本地域は、垂直に切り立った急崖が海岸線に平行して南北方向に続き、短く深い谷地形(0次谷)が東西方向に刻まれている。今回のマスムーヴメントは南北方向の崖と東西方向の谷壁崖の接点付近を崩壊源とし、深い急傾斜の谷筋を岩塊

写真-1 崩壊斜面の全景 (スケール: 岩塊手前に人が立つ)

が流走して土砂の多くが地すべり防止区域内に流れこんだ(写真-1)。崩壊の発生日時は、5月25日の朝、崖下につくユースホステルに住むオーナーが家を離れていた7:30から8:15の間とみられる。崩壊土砂はユースホステルの敷地内に流入し、町道に径約1mの転石があったものの、幸いにも人身や建設物への被害はなかった。

崩壊源の規模は、比高約30m、幅約20m、厚さ約3mで、体積は約2,000m³と見積もられる。崩壊源直下から堆積域先端までの斜面長は約200mで、そのうち

上部約120mは移動岩塊により侵食された流走域、下部約80mは土砂が押し出された堆積域に分けることができる(写真-2, 図-3)。流走域の幅は約10~15m、堆積域の幅は約20~30mである(図-2)。傾斜は流走域が約40°, 堆積域が約30°で、等価摩擦係数(H/L)は0.56と大きい(図-3)。堆積域の土砂は広範囲に広がることなく、全体として舌状の高まりとなっている(写真-2)。堆積域および一部流走域の谷底に残った総土砂量は約2,600m³と推定される。

堆積域の崩壊土砂は岩塊と細粒土砂か

写真-2 堆積域の最大岩塊と凹地
(北海道建設部砂防災害課撮影)

らなる。岩塊は主に急崖の崩壊源を起源とし、細粒の土砂は主として谷出口以下に堆積していた崖錐堆積物、および谷底の堆積物を起源とするものである。堆積域に分布する岩塊の多くはこの細粒土砂上に行っていることから、崩壊岩塊が細粒土砂を斜面下方へ押し出したことをう

かがわせる。崩壊土砂の中で最大の岩塊は堆積域の末端付近に位置するもので、外周約30m、高さ約7m、体積約270m³、重量約660トンと見積もられる。この巨大な岩塊の周囲には、岩塊が落下した衝撃によるものとみられる深さ2-3mの凹地が存在する(写真-2)。

3. 崩壊原因

この地域は前～中期中新統の元地層凝灰岩の上に中期中新統の香深層ハイアロクラスタイトがのるキャップロック構造となっており、そのため周辺には規模の大きな地すべりや鉛直方向の節理の発達した急崖が連続的に分布する。今回の崩壊発生源となった急崖も、鉛直方向の節理が非常によく発達すること(写真-3、4)が崩壊の素因となっている。地質構造と斜面の関係は緩い受け盤構造である。

崩壊前の10日間に降水はなく、崩壊前1か月間に観測された最大日降水量も4

写真-3 南西方向から見た崩壊源

写真-4 南方向から見た崩壊源

月30日の10mmであり、目立った降水はなかった。また、周辺の地すべり防止区域の地下水位データによれば、融雪による高水位期はすでに終了している。したがって、今回の崩壊誘因が降水や融雪によるものとは考えづらい。また、崩壊前1か月間に本地域周辺で震度1以上の地震も観測されていない。崩壊前日に、この年初めて気温が20℃を越え最低気温は10℃以下に下らず、当日も同様の気温条件であったことから、岩盤内凍結部の融解や岩盤の熱膨張などが関与した可能性もあるが、これを裏付ける証拠は今のところない。

4. 崩壊源の破壊過程

4.1 崩壊面の形態

今回発生した崩壊の破壊面を、永田・藤井(2000)にしたがい区分すると、主破壊面、周縁破壊面、下部せん断破壊面に分類される。主破壊面は凸型の形態をしており、向って左側が南西(海方向)向き、向って右側が南向き(谷方向)となっている(写真-3、4)。この面は崩壊前の崖面におおよそ平行である。主破壊面の南西向き部は全面が褐色化していることから、崩壊以前からすでに破断していたとみられる。一方の南向き部もほとんどの部分で褐色化しているものの、風化のあまり進行していない灰白色の面が局在する。この部分は崩壊時に破断し

図-2 崩壊斜面の平面図

図-3 崩壊斜面の縦断面図

たものと推測される。

主破壊面南西向き部の傾斜は上部で約80°、下部で約90°であるが、中央付近には帯状の凸部が横切り、その上面は約40°傾斜、下面はオーバーハング傾斜となっている（写真-4）。主破壊面南向き部の最上部は約30°傾斜の面となっており、南西向き部とは明瞭な遷急線で接している。この30°傾斜の面に該当する節理は、崩壊前の写真から確認できる（写真-5の亀裂A）。主破壊面南向き部は下部へ行くにつれ傾斜を増し、最下部の谷底直上ではオーバーハング斜面となる（写真-3）。主破壊面の向って左側から上位に隣接する周縁破壊面は、大部分が南向き鉛直の平面であるが、最下部は内側に湾曲する。崩壊以前の写真から、この破壊面はすでに開口亀裂となっていることが読み取れる（写真-5の亀裂B）。主破壊面南西向き部の下位に接する下部せん断破壊面は傾斜約40°の面で、崩壊以前の写真によれば、この破壊面に相当する亀裂に沿って草が生えており、降雨、融雪時に発生する裂隙水の通り道であったとみられる（写真-5の亀裂C）。さらにこの破壊面から谷底までの比高約2-3mの範囲には、崩落岩塊が谷壁を薄く剥ぎ取ったような平面的な破壊面が認められる。

4.2 崩壊過程

周縁破壊面の下部には40°と20°下向きの直線状の削痕が刻まれた風化細粒物が

写真-5 崩壊前の斜面(1999. 4. 16. 撮影)
崩壊時の破壊面に対応する亀裂が確認できる

付着している。40°の削痕は主破壊面の帯状凸部上面および下部せん断破壊面とはほぼ同傾斜であることから、南西向きブロックはこの面をすべり面とし南西方向に滑落したとみられる。20°の削痕については、何に規制されていたか不明である。

主破壊面南向き部の中央付近には鉛直方向の削痕が見られることから、南向きブロックの中央から上部は主破壊面をすべり面として南方向に滑落したとみられる。凸型の縦断形を持つ斜面で上部のブロックが滑落するためには、下部のオーバーハング斜面のブロックが前方転倒する必要がある。すなわち、南向きブロック全体が座屈するように崩落したことになる。

崩壊源南西向き部は全面がハイアロクラスタイトであるのに対し、南向き部は塊状の変質安山岩を局所的に含む。崩壊後の岩塊を見ると、ハイアロクラスタイトが細粒土砂にまみれたものが多いのに対し、塊状変質安山岩に土砂の付着が少ない。このことから、今回の崩壊は崩壊源南西向きブロックが先に崩落し、細粒土砂を削りこんで谷筋を下ったのに続き、下流側側面の支えを失った南向きブロックが座屈崩壊し谷内に残った岩塊上を流走したものと考えられる。崩壊土砂先端部に位置する最大岩塊は塊状変質安山岩であることから崩壊源の南向きブロック起源であり、南西向きブロック起源の岩塊の流下後に谷を流走したものと考えられる。

5. 流走域での岩塊移動過程

流走域では、崩壊土砂の通過により谷地形の谷底および谷出口に発達する崖錐が侵食を受け、両側に内向きの切り立った側壁（最大比高約5m）が形成された。谷部では谷底の縦断面にほぼ平行な削痕が、崖錐部では地表の傾斜面よりやや急傾斜の削痕が側壁面で確認できる。このことは、谷部では岩塊が谷底に沿って流走し、崖錐部では岩塊が土砂を深くえぐりこむように前方へ押し出したことを示唆する。また、削痕は直線的で連続性の良いものが多いことから、岩塊の移動は前方回転せず滑走するものが多かったと推測される。これは移動岩体の形態が平

板状のものが多かったためであろう。

堆積域先端部の最大岩塊に付着する泥は、その位置により付着の程度が異なる。岩体上部および右（北）側面～前面（海側）は泥の付着が少ないのに対し、岩体の左（南）側面は厚く泥が付着する。岩体の後方（山側）には削痕がみられることから、この岩塊は左（南）側面を下流に向けて流走域を滑走し、左岸側谷壁との接触で削痕が生じたものとみられる。

6. 巨大岩塊の飛行過程とその速度

堆積域最上部には、外周約20m、高さ約3mの岩塊が、堆積域の土砂を斜面下方へ押し出すような形で停止している。この岩塊は、頂部が比較的平坦でほぼ水平、背後側の面がほぼ鉛直で山側向きに露出している。この岩塊上面の中央から左岸側には巨大な岩塊が滑走したような削痕が認められ、背後側の面には衝突痕が見られない。一方、前述のとおり最大岩塊の周囲には岩塊が落下したことを示す凹地が存在するが、この凹地以外には堆積域に巨大岩塊が着地し飛び跳ねた痕跡はない。これらのことから、最大岩塊は堆積域最上部に位置する岩塊上面の中央から左岸側を滑走するように跳びはね、堆積域最先端に直接着地した結果、凹地を形成したものと推定される。また、最大岩塊には左岸側谷壁との接触痕があり、泥の厚く付着する下流側部が左（南）向きに着地したことから、最大岩塊は宙を飛びながら左へ回転したものとみられる。堆積域最上部から堆積域先端まで、最大岩塊が飛行した水平距離は約50m、鉛直距離は約25mである（図-3）。したがって、堆積域最上部で岩塊が水平方向に飛び出したとすると、その水平速度は22m/s（80km/h）、落下時の鉛直速度も22m/s（80km/h）となり、落下時の最大岩塊の飛行方向は下向き45°、この方向の速度は32m/s（114km/h）と算出される。

参考文献

永田秀尚・藤井義明（2000）：非構造的な節理に起因する岩盤崩壊の機構 - 北海道積丹半島セタカムイ崩壊 -。地形, Vol. 21, pp. 169-191.

（原稿受付2003年8月5日、
原稿受理2003年8月19日）