

静岡大学農学部 ○土屋 智・(独)土木研究所土砂管理グループ 清水武志

Haerudidin C. Maddi (Directorate General of Water Resources, Ministry of Public Works, Indonesia)

Shigeru Matsunaga & Eddy Wahyu Wibowo (Yachiyo Engineering Co., Ltd. Japan)

1. はじめに

インドネシア・スラウェシ島マカッサル市の南南東約 60m に位置するバワカラエン山 (2830m) のカルデラ壁で約 2 億 m³ の大規模な崩壊が発生 (2004 年 3 月 26 日) してから約 6 年が経過した。その後、源頭部付近に生じた亀裂の拡大が進み、小規模な崩落とともに滑落崖の後退が進んでいるようである。2007 年 2 月 10 日には約 90 万 m³ の崩落があり, 2009 年 1 月 27 日には約 50 万 m³ の崩落があった。崩壊下端にはカルデラ内に広大な堆積地があるため, たとえ数百万 m³ の新規崩壊が生じてても直接的な土砂災害には至らないと考えられるが, 数千万 m³ となればカルデラ外に達する可能性は否定できない。このことから, 現地では源頭部に生じた亀裂の変位観測と崩壊面の変状観察を続けている。ここでは, 大規模崩壊地の源頭部に生じた亀裂の変位観測結果と 2009 年 8 月に現地踏査した結果を報告したい。

2. 調査地概要

バワカラエン山は, 第四紀更新世に活動した火山で, その西側に直径約 5km におよぶカルデラ地形がみられる。カルデラ内にはジェネベラン川 (Jeneberang River) が東西方向に流下し, その源流は大規模崩壊地のほぼ真中を下刻している (図

1) カルデラ側壁はバワカラエン火山から流出した玄武岩層を最上位として, 玄武岩質安山岩層, 火砕流堆積物層や凝灰岩層が交じり合った下位層が認められる。側壁の高さは 500m から 800m を有し著しく切り立っており, その下部には崖錐が形成されている。当該地は熱帯性気候で, 6 月から 10 月にかけては南西季節風の影響で乾期, 11 月から 5 月までは北東季節風によって雨季であり, 12 月から翌年 2 月にかけては 800mm/月以上, 1 月は 900mm 以上と最も多い降雨量となる。現地から約 15km 離れた雨量観測所の最近 20 年間の年平均降雨量は 4350mm であった (土屋ら, 2004)。

3. 源頭部の移動観測

3.1 源頭部移動の概要

図-1 には, 簡易移動杭により 2006 年 11 月 17 (2007 年 8 月 16 日, 2008 年 1 月 15 日, 5 月 23 日設置のものを含む, 計測頻度は月 1~2 回程度) か

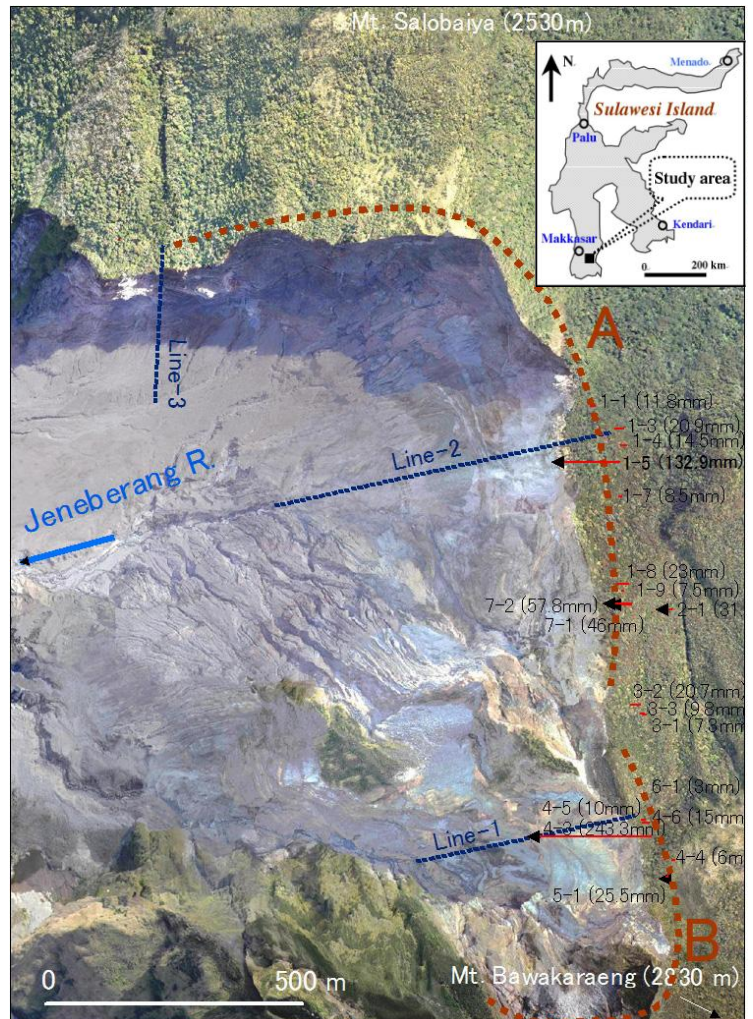


図-1 バワカレン山大規模崩壊地の源頭部と地表移動量

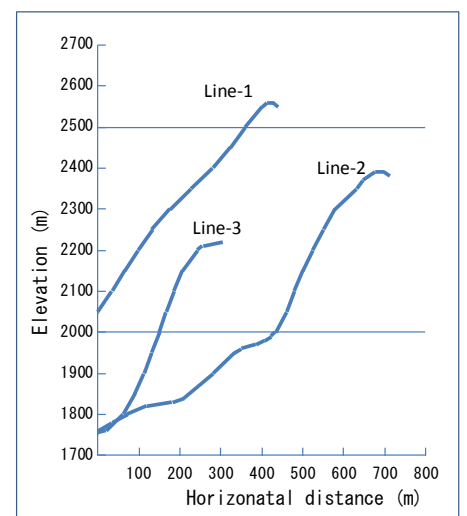


図-2 崩壊側壁の縦断形状

ら 2009 年 7 月 11 日までに計測された移動量を示す。大規模崩壊は図-1 に示すように A ブロックを主とし、B ブロックが付随して崩落したとされる。移動量の分布をみると、A ブロックでは中央部からバワカレン山 (Mt. Bawakaraeng) 方向にかけて移動 (1-5 で 132.9mm) が認められ、サロバイヤ山 (Mt. Salobaiya) 方向では現れていない。また B ブロックでも、A ブロックに近接する箇所 (4-3 で 243.3mm) で大きな移動が認められる。図-1 に見るように、移動量は計測地点で違いがあることから、数 100m の規模を有するブロック状の動きではなく、側壁源頭部の不安定化した箇所が移動していると判断される。

図-2 には、2008 年撮影の空中写真により作成された地形図をもとに崩壊側壁の縦断形状を示した。Line-1, 2 (平面位置は図-1 に示す) は A, B ブロックの中央部の断面形状を示し、Line-3 は A ブロックの西端に位置し、その勾配は最も大きい。源頭部の移動は認められていない。A ブロック中央部に位置する Line-2 は標高 2000m 付近に遷急点があり、その上部に直高約 400m の傾斜の大きな崩壊斜面があり、しかも尾根部では谷側への移動が計測されているため、比較的規模の大きな崩落があることは否定できないと判断している。

3.2 移動量計測

図-3 には、A ブロック中央部に位置する (断面: Line-2) 場所で計測された移動量の時間的な変化を示す。計測した移動量と降雨量には、概ね関連性が認められる。計測地 1-6 は、2006 年の雨季 11 月から翌年 3 月までの降雨で計測不能となった。また計測地 1-5 は、2007 年 2 月に移動が始まり 2009 年 3 月に大きな移動を示している。計測地 1-4 は 2009 年 2 月から、1-3 は同年 5 月から移動が記録されている。このように個所ごとに異なった移動量を示し移動パターンも異なるため、移動土塊は大きなブロック状に発達していないと推察される。

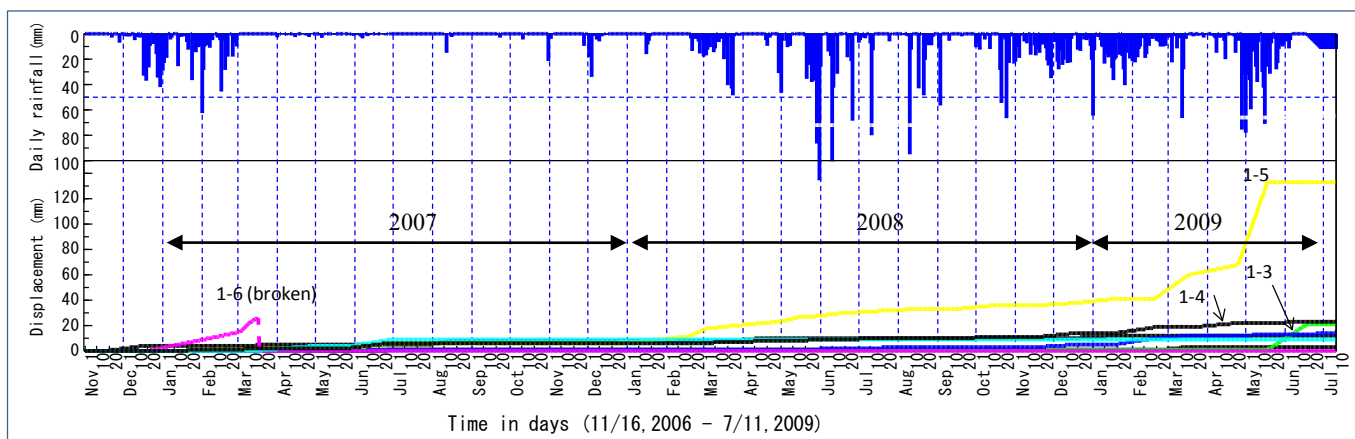


図-3 日降雨量と A ブロック中央部で計測された移動量の対比 (2006 年 11 月 16 日から 2009 年 7 月 11 日)

図-4 には A ブロック頭部を西側から撮影した写真とクラック位置を示す。不安定土塊は尾根地表から約 30m の高さがあり、谷側に膨らんでいるように見える。ほぼ垂直に切り立っており表面部が剥離落下している様子が覗える。

4. おわりに

バワカレン山の大规模崩壊の源頭部は不安定な状態が続いており、移動の監視は欠かせない。また源頭部のみならず、急崖直下の実態把握も求められるが、ここは崩落の危険があり近づけない。とりわけ、A ブロック中央部付近の急崖直下の地形を判断すると、規模の大きな崩落の発生を否定できず、注意深い監視が必要であろう。

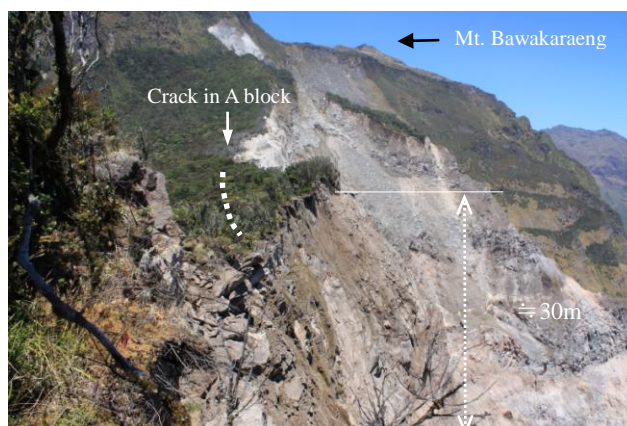


図-4 A ブロック頭部の不安定土塊