

那智川流域における斜面表層の土層厚さの推定について

国際航業株式会社 ○江本聡志、小野山裕治、島田徹、久保毅、宮田直樹

国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 吉村元吾、今森直記、奥山悠木※

※現所属 林野庁

1.はじめに

平成 23 年の紀伊半島大水害では、那智川流域で同時多発的な表層崩壊による土石流が発生し、多くの人命や家屋、道路等が被災するに到った。土石流を発生させる原因となった同時多発的な表層崩壊の発生メカニズムを把握し、斜面リスクを考慮する上で、崩壊が発生する土層厚や発生場の推定は非常に重要である。

本稿では、那智川支流の鳴子谷川右岸斜面で実施した簡易なサウンディング結果を元に、コアストーンの分布状況に着目し、那智川流域の土層や崩壊深の厚さ分布の推定方法について考察したものである。

2.那智川流域の特徴

2.1.地形・地質

那智川流域の地質は、新第三紀の「熊野層群（砂岩泥岩互層）」を「熊野酸性岩類（花崗斑岩）」が不整合に覆う。2つの地質は流域の地形形成に大きく影響し、熊野層群分布域は緩傾斜の斜面、熊野酸性岩類分布域は起伏量が大きく急峻な地形となり、地層境界の違いが地形図で鮮明に見える。那智大社の御神体である「那智の滝」も、地質境界によって形成されたものである。

2.2.コアストーン

那智川流域の斜面や溪床内では、花崗斑岩が球状風化した岩塊が多数見られ、岩芯（コア）が残留する風化形態から「コアストーン」と呼ぶことにした。平成 23 年の災害では、コアストーンの流出が民家等への被災規模を大きくさせた要因として考えられている。

3.調査内容と手法

3.1.地形区分とサウンディング調査

土層厚は斜面の開析程度により異なることが想定されるため、航空レーザ測量データから作成した傾斜量図やカラー標高傾斜図（ELSAMAP）、CS 立体図などで『山頂緩斜面』、『開析斜面上部』、『開析斜面下部』の3つに地形分類した。その結果、鳴子谷川流域に山頂緩斜面が広く、下方斜面が侵食場となる、モデルに適した斜面が見られたため調査地として抽出した。土層厚調査のため、抽出斜面にて「①土層強度検査棒試験（土検棒）」および「②簡易貫入試験」を実施した。

土検棒による調査は、後に H-Slider によるリスク評価を行うための 10m×10m メッシュを利用し、メッシュ中心点と、中心点から 1m 程度離れた東西南北地点の計 5 点を各メッシュにて実施した。貫入は人力で行い、完全に貫入しなくなった深度を記録した。

簡易貫入試験は、土検棒調査を実施した 10m メッシュ数箇所の中心点や、別途実施された物理探査測線上の交点部および崩壊地外縁部で実施し、10cm の貫入量が打撃回数（Nd 値）50 回以上で打止めとした。

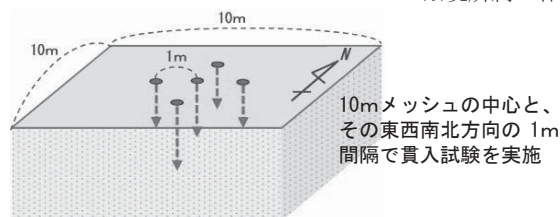


図 1. 土検棒による調査手法

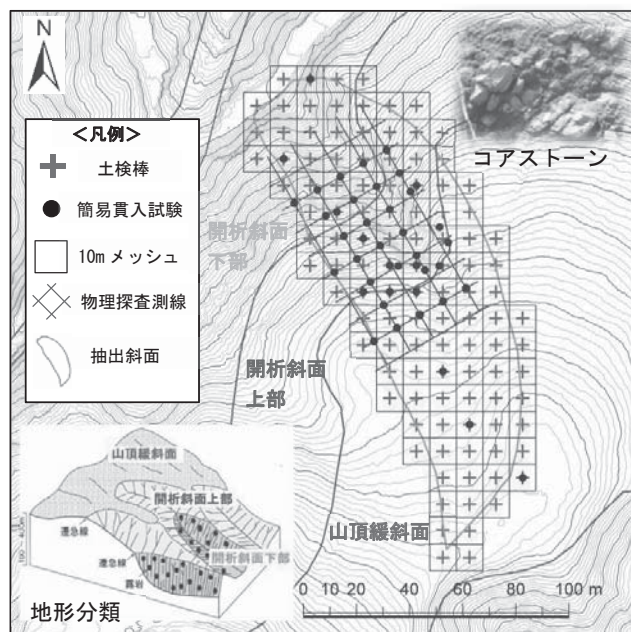


図 2. 調査位置図

3.2.崩壊地調査

土検棒および簡易貫入試験の貫入深度と実際の崩壊地を比較し、地中の土層を把握するため、開析斜面上部付近に見られる侵食崖の崩壊深や土層構造の観察を実施した。土層は、概ね腐植土主体の「表土」、腐植物を含む「風化残土（マサ）」、それ以深は密実なマサ土化した「強風化岩盤（花崗斑岩）」から構成されていた。

4.調査結果

4.1.土検棒によるコアストーン径の推定

土検棒による調査では、メッシュ中心と、その東西南北に 1m 程度離れた狭い範囲での貫入調査にもかかわらず、同メッシュ内の深度データにバラツキが多々認められた。土検棒は手を使った貫入作業であり、石に当たって止まる感触は非常によく伝わってため、貫入深度のバラツキを地中のコアストーンによる不陸によるものと推察した。そのことから、数値のバラツキとなる「最大深度-最小深度」をコアストーン径（ ϕ ）と仮定し、地中のコアストーン径算出モデルと算出式を作成した。ただし、傾斜地では鉛直方向に貫入しているため、斜面に対して直角方向へ貫入した値となる

ように、各 10mメッシュの斜面傾斜（ θ ）にて補正した算出式を最終的に用いた。

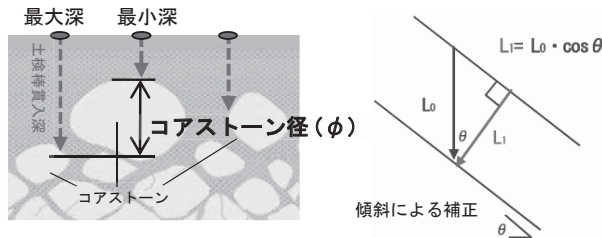


図 3. 地中のコアストーン径算出モデル

コア径（ ϕ ） \approx （「最大深度－最小深度」） $\cos \theta$ ……（式）

4.2. コアストーンの分布

上記手法により各メッシュのコアストーン径を算出した結果、「山頂緩斜面」付近に大きなコアストーンが多く分布することが想定された。

表 1. 斜面分類ごとのコアストーン径

地形分類	最大径(m)	最小径(m)	平均径(m)
山頂緩斜面	2.65	0.21	0.87
開析斜面上部	1.15	0.10	0.52
開析斜面下部	1.19	0.11	0.42

4.3. 簡易貫入試験による崩壊深の推定

人力による土検棒調査では貫入深度は浅く、周辺の崩壊地と比較しても崩壊深まで到達していないことが想定されたため、簡易貫入試験も併せて実施し、土検棒の貫入深度や周辺の崩壊地露頭と対比した。その結果、土検棒の貫入可能深度は、簡易貫入試験で Nd 値 ≈ 10 程度となり、簡易貫入試験で Nd 値 ≥ 50 となる深度が周辺の崩壊地と近い傾向を示していることがわかった。そのことから、土検棒による貫入可能深度を「土層厚（ds）」、簡易貫入試験により貫入可能な風化岩盤付近までの深度を「崩壊深（df）」と推定した。

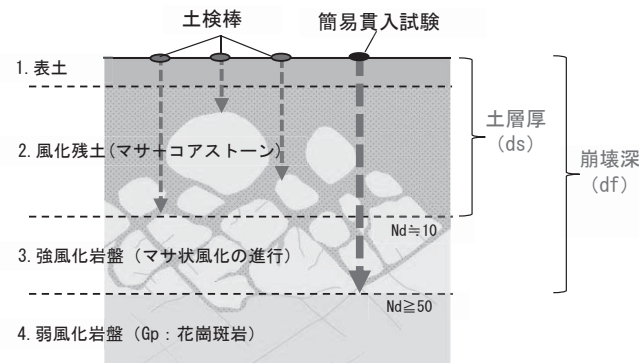


図 4. 簡易サウンディング結果による地盤構造モデル

4.4. コアストーン径と崩壊深（df）の分布

調査結果を元に、ArcGis（Spatial Analyst⇒内挿⇒クリギング）を用いてコアストーンの径による分布と推定崩壊深の分布を解析した。その結果、「山頂緩斜面」付近から「開析斜面上部」の線急線付近に径の大きなコアストーンが分布し、「開析斜面下部」ほど、小さくなる傾向が見られた。また、崩壊深（df）は「山頂緩斜

面」で厚く、「開析斜面上部」から「開析斜面下部」へ移るほど浅くなる傾向が見られた。

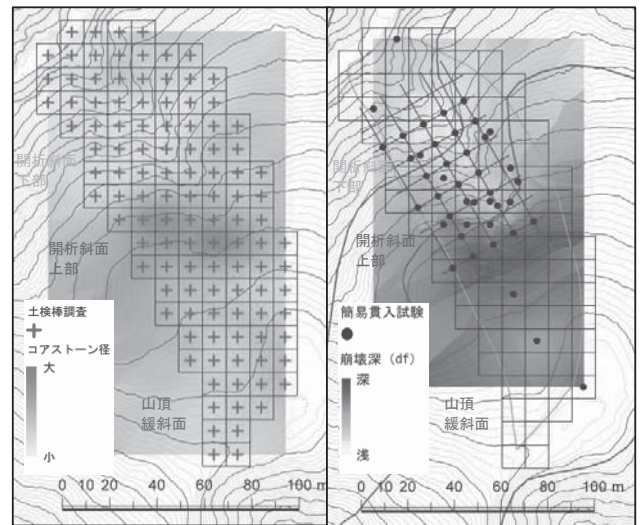


図 5. コアストーン径及び Nd 値 ≥ 50 深度の分布

5. まとめ

今回行った調査により得られた知見を以下に示す。

- ①土検棒と簡易貫入試験による貫入深度で、表土及び風化残土にあたる「土層厚（ds）」と、強風化岩盤までの「崩壊深（df）」、さらに「コアストーン径」の推定方法を考案した。
- ②地中のコアストーンは、花崗斑岩の亀裂がマサ状風化の進行により残存したもので、遷急線付近に分布する大きなものは、風化残土の緩みにより、風化岩盤からコアストーンが分離されたためと推測される。
- ③土層厚（ds）や崩壊深（df）は、長期的な風化の影響で山頂緩斜面に厚く分布し、開析斜面では徐々に薄くなる。ただし、部分的に堆積場となる場所では不規則に厚くなる場合もある。

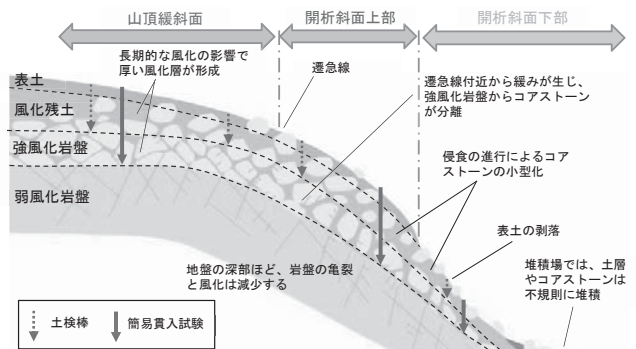


図 6. コアストーンを含む斜面モデル

参考文献

- 1) 土木研究所（2011）：土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル（案），土研資料 第 4176 号
- 2) 国土技術政策総合研究所（2005）：簡易貫入試験を用いた恐れの有る層厚推定に関する研究，国総研究資料 第 261 号
- 3) 松澤ほか（2013）：山地の開析状態が表層崩壊の発生形態に与える影響について-2009 年防府災害を事例として-，平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集 B pp. 318-319