

# 73. 2009年パダン地震によって引き起こされた崩壊性地すべりの 地質・地形的特徴

Geomorphological and Geological Features of The Collapsing Landslides Induced by The 2009 Padang Earthquake

○中野 真帆 (建設技術研究所), 千木良雅弘 (京都大学防災研究所)

Maho NAKANO, Masahiro CHIGIRA

## 1. はじめに

2009年9月30日にインドネシアスマトラ島南西部をMw7.6の地震が襲い、数多くの斜面崩壊が発生した(2009年パダン地震)。本研究では、この地震により発生した崩壊を対象として、地質調査、衛星写真による崩壊分布と地形解析、原位置試験、土質力学試験、鉱物分析などを行い、崩壊地の地形・地質的特性、および、火砕物の風化と土質特性の面から崩壊の原因を調査研究した。

## 2. 結果と考察

本調査によって、崩壊物は斜面表層部を覆う降下軽石堆積物であること、崩壊発生の原因は、噴出源からの距離に規制された軽石の厚さ、軽石層基底部の強風化土と軽石との混在層の強いハロイサイト化、そして、斜面に平行する成層構造と地層の下部切断、にあることを初めて明らかにすることができた。

崩壊はSPOT-5画像の解析から、64km<sup>2</sup>の面積内で約160箇所発生し、特にマグング川の中流域に集中していたことが分かった。また、現地調査を行った16箇所の崩壊地のすべてで、崩壊したのは降下軽石堆積物であり、すべり面はその基底部の混在層に形成されていたことが確認できた。この降下軽石堆積物の等厚線図を作成したところ、それは調査地域北東に位置するタンディカット火山から噴出したものであることが新たに見出され、また、その厚さが3.5m~5.5mの範囲に崩壊が集中して発生したことがわかった。この崩壊が集中した地層の厚さは、斜面の安定計算結果からも支持される。

X線鉱物分析によれば、軽石層の軽石自体はハロイサイトを含まなかったが、軽石層基底部の混在層は多量のハロイサイトを含んでいた。このハロイサイトに富む混在層は、上下層と比較して最も低い貫入抵抗値を示した。ある崩壊地の斜面で、各層準をすべり面と仮定しそれぞれの上載圧とせん断強度定数から斜面の安定計算を行ったところ、軽石層最下部をすべり面とした場合は2.34であるが、混在層(粘着力18.2kPa、せん断抵抗角15°)をすべり面とした場合は1.22で、安全率が大きく低下することが分かった。また、非崩壊地の露頭から採取した混在層の試料は、液性限界の含水比が84.0%であるのに対して、自然含水比は95.5%と液性限界を超える値を示し、破壊で一種のすべり面液状化を起こしやすいものであったことが示唆

される。これらのことから、弱く、破壊に伴って液状化しやすい性質を持つハロイサイト化した混在層の存在が、崩壊の第二の発生要因となっていたことが分かった。この混在層のハロイサイト化は、雨水が高い透水性を持つ軽石層を浸透し、その下位の風化土と軽石が混合した透水性の低い部分に停滞し、そこで軽石および風化土と反応して生じたものであると考えられる。

調査地域には複数の段丘面が発達し、降下軽石堆積物は、高位段丘面(Lh)と中位段丘面(Lm)を覆い、その下の二枚の低位段丘面(Ll1, Ll2)の段丘崖や谷によって切断されていた。つまり、中位段丘面(Lm)形成の後に軽石が降下して斜面に平行な層構造を形成し、その斜面脚部がその後の河川の侵食によって切断されることで、降下軽石の斜面下方からの支持力が失われていた。このような地形・地質発達に起因する支持力の低下が崩壊の第三の発生要因であったことが分かった。

## 3. 今後の展望

以上に述べた地形発達史と軽石の風化作用は、熱帯の火山地域には一般的に起こり得るものである。本調査地域だけでなく、他の熱帯火山地帯でも、斜面の傾斜角、地形分類図による斜面脚部切断の有無、降下火砕物の等厚線図による上載圧、すべり面になりうるハロイサイトを含有した層準の分布、などの条件から、地震時の斜面ハザードマップが作成できる見通しが得られた。

## 文献

- 1) Chigira, M. (1982) Dry debris flow of pyroclastic fall deposits triggered by the 1978 izu-oshima-kinkai earthquake: the "collapsing" landslide at nanamawari, mitaka-iriya, southern izu peninsula. *Journal of Natural Disaster*, 4, 1-32.
- 2) 千木良雅弘・中筋章人・藤原伸也・阪上雅之 (2012) 2011年東北地方太平洋沖地震による降下火砕物の崩壊性地すべり、応用地質、第52巻、222-230.
- 3) EERI Special Earthquake Report (2007) Western Sumatra Earthquakes of March 6, 2007.
- 4) Inoue, A. (2011) Shape transformation of halloysite particles. *Clay Science*, 15, 19-32.
- 5) 井上康夫・本庄静光・松島三晃・江差靖行 (1970) 十勝沖地震によって青森県南東部に発生した崩壊

地の地質および土質に関する検討.電力中央研究所研究報告、No.69086、1-27.

- 6) 風間基樹・高村浩之・海野寿康・仙頭紀明・渦岡良介 (2006) 不飽和火山灰質砂質土の液状化機構について、土木学会論文集 C、Vol.62、No.2、546 - 561.
- 7) 武田一夫・山田哲司・岡村昭彦・伊藤隆広 (2000) 斜面表層崩壊に対するミヤコザサ地下茎の補強効果、日本緑化工学会誌、第 26 巻、198-208.
- 8) 田中耕平 (1985) 長野県西部地震における斜面崩壊の特徴、土と基礎、33、5-11.
- 9) 田中耕平 (1992) 土砂災害と粘土、粘土科学、第 32 巻、第 1 号、16 - 22.
- 10) Tjia, H. D. & R. F. H. Muhammad (2008) Blasts from the impacting on Peninsular Malaysia. Bulletin of the Geological Society of Malaysia 54, 6.
- 11) 梅村順・原勝重・橋本桂弥・石塚陽人・芦田未来矢 (2010) 栗原市荒砥沢地すべり地と南耕英冷沢斜面崩壊地に分布する凝灰質土の地盤工学的性質、東北地域災害科学研究、第 46 巻、143 - 148.
- 12) Wesley, L. D. (1973) Some Basic Engineering Properties of Halloysite and Allophane Clays in Java, Indonesia. Geotechnique, 23, 471-494.
- 13) 吉田昌弘・千木良雅弘 (2012) 1968 年十勝沖地震によって降下火砕物層に発生した崩壊と風化の関連について、応用地質、62 巻、213-221.