地震時に崩壊した降下火砕物の層序,貫入抵抗プロファイルの共通性について Common characteristics of sequence and cone-penetration profiles in pyroclastic fall deposits that slid during earthquakes

○千木良雅弘・中野真帆・土谷樹生・鈴木毅彦○Masahiro CHIGIRA, Maho NAKANO, Tatsuki TSUCHIYA, Takehiko SUZUKI

Pyroclastic fall deposits are widely distributed in volcanic areas worldwide, and have been subjected to catastrophic failure during earthquakes. The basic causes of these landslides were slope-parallel bedding, undercutting, and weak, halloysite-rich layers, in which sliding surfaces were made. In addition to these geological characteristics, we need to take into account the sequence of physical properties as well as geological sequence to evaluate the landslide susceptibility during earthquakes. We summarize the profiles of blow numbers of cone-penetration tests in typical landslide sites of earthquake-induced landslide of pyroclastic fall deposits, which suggests that near surface competent layers slid on weaker layers beneath.

1. はじめに

火山地帯には降下火砕物が広く分布し,地震時 に急激な流動的崩壊を起こしてきた.2011年東日 本大震災時には、福島県南部と栃木県北部で崩壊 が複数発生し、14名が犠牲になった。その他にも Table 1 にあるような地震時に、崩壊が発生して きた (Chigira, 2014)。いずれにおいても,すべ り面はハロイサイトに富む古土壌あるいは軽石層 に形成されており、ハロイサイトに富む層が独特 の地震時応答をなすのではないかと思われる.

しかしながら、一方では、単にハロイサイトに 富む層が地表近くにあれば、地震時に崩壊が発生 するとも言えない.従来の経験は、地層が斜面下 部で切断されていることが、崩壊発生の共通的特 徴として指摘されている(Table 1).本発表では、 表層の地層に地震波が入った時の地層の応答に強

Table 1. A list of catastrophic landslides of pyroclastic fall deposits.

Earthquake	1949 Imaichi	1968 Tokachi-Oki	1978 Izu- Oshima-Kinkai	1984 Naganoken- Seibu	2011 Tohoku	2001 El Salvador	2009 Padang
Date	26 Dec.	16 May	14 Jan	14 Sept	11 March	13 Jan.	30 Sept.
Magnitude	Mima 6.4	Mima7.9 (Mw8.2)	Mima 7.0	Mima6.8	Mw 9.0	Mw7.7	Mw 7.5
Seismic Intensity at landslid sites (JMA)	le 5~6	5	5~6	6	6-~6+	MM 6, 7 4~5-	MM 8 (USGS) 5+(JMA)
Rain gage	Utsunomiya	Hachinohe	Inatori	Ontakesan	Shirakawa	_	_
Anteceden 10 days	22.5	181	12	183	12.5	no data	Unknown
(mm) 30 days 60 days	80.8	292	172	555	83.5	(Nov. Apr.: dry	(occurred during a
	255	307	334	839	93.5	season) ^{h)}	rainstorm)
Number of collapsing landslide	88 ^{a)}	$152^{\rm b)}$	7 ^{d)} (controlled by the material distribution)	$5^{j)}$	<10 ^{e)}	>1000 ^{g)}	$160^{i)}$
Sliding surface	Weathered pumice Halloysite ^{a)} Paleosol ^{m)}	Paleosol (Sandy ash) Halloysite ^{c)}	Paleosol Halloysite ^{d)}	Weathered pumice and scoria Halloysite ^{k)}	Paleosol Halloysite ^{e)}	Paleosol ^{f)} No report of clay minerals	Mixed layer of paleosol and pumice Halloysite ⁱ⁾
Slid material	Shichihonzakura pumice and Imaichi pumice ¹⁾	Towada- Hachinohe tephra ^{b,c)}	East Izu monogenic volcanic tephra ^{d)}	Scoria, lava, agglutinate, terrace deposits,	Tephra from Nasu volcano ^{e)}	Pumice etc.	Pumice (Qhpt)
Source of the slid materials	Nantai volcano	Towada Volcano	Higashi-Izu monogenetic volcanoes	Ontake Volcano	Nasu Volcano	?	Tandikat Volcano ⁱ⁾
Sliding surface depth (m)	3~5 m ^{a)}	$<3 \text{ m}^{\text{b}}$, 1~2.5 m ^{c)}	2~6 m ^{d)}	5 m~ 200 m (Ontake) ^{j)}	3~9 m ^{e)}	50~70 m (Las Colinas) ^{f)}	3.5~5.5 m ⁱ⁾
Slope-parallel bedding	0	0	0	0	0	0	0
Undercut	Unknown	Unknown	0	0	0	0	Mostly
Fatality	8	33	7	29	13	844 ^{g)}	600?
Reference	a: Morimoto (1951); b:Inoue et al. (1970); c: Yoshida and Chigira (2012); d: Chigira (1982); e:Chigira et al. (2012); f: Crosta et al. (2005); g: Jibson et al. (2004); h) Evans and Bent (2004); i: Nakano et al. (2013); j: Hirano et al. (1985); k: Tanaka (1985); l: Suzuki (1993); m: Chigira (unpublished data)						

D06

く影響すると考えられる地層の物性断面について, 実際の崩壊事例を整理する.

2. 層序と簡易貫入試験による物性プロファイル 軽量の簡易貫入試験器を用いて4地点の崩壊直 近で簡易貫入試験を行った.この試験器は、戸邉 (2007)によって制作されたものであり、先端コ ーン直径1.94cm,先端角60°のコーンを質量3kg の重りの50cm落下によって叩き、10cm貫入に 要する打撃回数(Nc)を測定するものである.こ れを用いた試験結果と丸東製貫入試験器を用いた 試験結果とはほぼ同じであることが示されている (戸邉, 2007).

Figure 1 には、4 つの地震による崩壊の代表的 な層序と簡易貫入抵抗プロファイルを示す.4 か 所の内、伊豆大島近海地震、パダン地震、および 今市地震によるものは、表層部に軽石あるいはス コリアがあり、その直下の風化火山灰土あるいは 古土壌にすべり面が形成されている.+勝沖地震 の時には、これらの軽石やスコリアに比べて軽石 層の厚さが薄いが、やはり、軽石の直下の火山灰 土にすべり面が形成されている.

貫入抵抗を示す Nc 値に注目すると,いずれの 崩壊においても,地表に近い所に相対的に Nc 値 の大きな層があり,その直下の Nc 値の小さな層 にすべり面が形成されている.このように物性の コントラストのあるところで崩壊が発生する可能 性は Sugimoto et al. (2012) によっても指摘され ている.

今後物性プロファイルを考慮した地震波の挙動 を検討する必要がある.その後,火山灰層序学を 取り入れた地震時崩壊危険度マップ作成へと進む ことができると考える.

参考文献

- 戸邊隼人(2007):風化花崗岩類の表層崩壊と風 化様式,および岩石組織との関係について. 京都大学大学院理学研究科,地球惑星科学専 攻,学位論文.
- Chigira, M., 2014. Geological and geomorphological features of deep-seated catastrophic landslides in tectonically active regions of Asia and implications for hazard mapping. Episodes, 37, 284-294.
- Sugimoto, H., Takeshi, T., Uto, T., Honma, H., 2012. Geomorphic and geologic features of landslides induced by the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, in Shirakawa hills, Fukushima prefecture. In:
 K. Ugai, H. Yagi, A. Wakai (Eds.), Earthquake induced landslides. Springer-Verlag, Tokyo, pp. 189-201.



Fig. 1 Profiles of the one-penetration resistance near the landslides of pyroclastic fall deposits induced by earthquakes.