

2011 年台風 12 号により紀伊山地において発生した深層崩壊の面積と土塊量

独立行政法人土木研究所 ○磯貝尚弘<sup>※1</sup>・森田耕司<sup>※2</sup>・石塚忠範・木下篤彦・高原晃宙

※1 現所属：国土防災技術（株） ※2 現所属：国土交通省都市局都市安全課

1. はじめに

2011 年 9 月初め、紀伊半島では台風 12 号の襲来により、深層崩壊が 72 箇所が発生した（図-1）。崩壊した土砂の一部は斜面を滑落、溪流を流下して多大な被害を発生させた。被害の大小は崩壊地から生産される移動土塊量の大小に影響されるため、当該土塊量を正確に把握することが重要であり、そのためには、崩壊前後の地形とすべり面形の把握が必要である（図-2）。また、移動土塊の内のどれだけの量が深層崩壊範囲外へ流出するのか（図-2 の③）を把握する事も対策上極めて重要である。近畿地方整備局および奈良県によって深層崩壊が発生する前に取得された 1m メッシュ LiDAR データと深層崩壊地内で実施された調査ボーリング結果を用いてすべり面形を推定し、深層崩壊の面積、移動土塊量、深層崩壊範囲外へ流出した土塊量を測定して紀伊山地における関係式を導き出したので報告する。

2. 調査地概要

紀伊山地は、紀ノ川の北側をほぼ東西に延びる中央構造線よりも南側の西南日本外帯に位置し、最北部に三波川帯と秩父帯が分布し、その南側の広い範囲は四万十帯が分布している。四万十帯は白亜紀～古第三紀の付加体コンプレックスからなり、砂岩、泥岩、礫岩等が分布している。今回の研究に用いた深層崩壊は、深層崩壊発生前後の LiDAR データがある 18 地区と台風 12 号により発生した深層崩壊の中で最大の栗平（H21 空中写真あり）を加えた 19 地区である（図-1）。また、調査ボーリングは 7 深層崩壊地内で 40 本実施されている。（表-1）

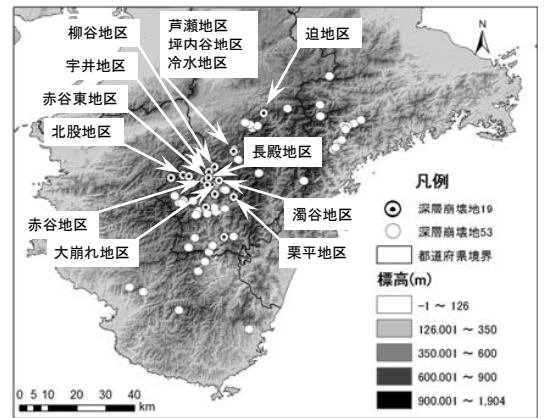


図-1 深層崩壊地分布図

3. 調査ボーリングにより判明したすべり面形状の特徴

3.1 検討方法手順

検討手順は、次の通りである。①1m メッシュ DEM を用いて作成した陰影起伏図およびオルソフォト等を用いて深層崩壊の崩壊方向を決定、②崩壊頂部を通過するように崩壊方向に平行に 20m 間隔で断面図を作成（No.38 栗平地区のみ 50m 間隔）、③断面図に 2 本以上の調査ボーリングが表示できる 12 断面を選定、④すべり面形と崩壊前後の地形を詳細に比較検討。

3.2 すべり面形状の特徴

すべり面形と崩壊前後の地表面形の比較検討より、「崩壊後の地表面形はすべり面形および崩壊前の地表面形に似ている部分がある」という特徴を見いだした。この特徴を利用して 19 崩壊地のすべり面形を推定した結果、「等厚型」14 深層崩壊地と「椅子型」5 深層崩壊地の 2 つのタイプに区別することができる。それぞれの特徴は以下のとおりである。

3.2.1 等厚型について

①栗平、赤谷、長殿など山頂付近から発生するものが多い、②旧地表面とすべり面が等厚・平行を成す、③崩壊の落ち残りも旧地表面と等厚・平行を成す、④旧地表面が階段状の地形をなすものがある、⑤地すべりで言う平行型すべりと同じであるが、末端斜面が急傾斜を成していない<sup>2)</sup>。

3.2.2 椅子型について

清水（宇井）、冷水、芦瀬、坪内谷、濁谷、②すべり面傾斜角が地表面傾斜角より緩く、末端開放型、③頭部

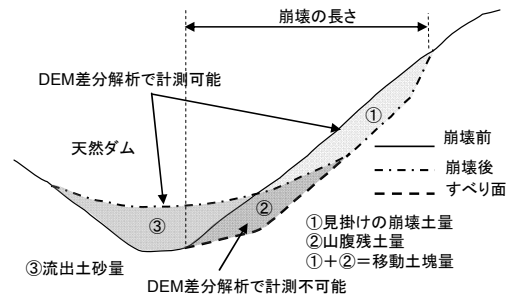


図-2 崩壊前後の断面図

移動土塊量の把握にはすべり面形の把握が不可欠

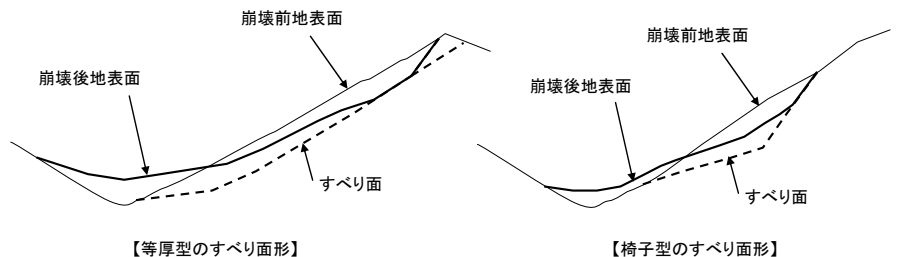


図-3 深層崩壊のすべり面形区分

表-1 深層崩壊諸元測定結果

No.	地区名	航空写真判読			崩壊前後LPデータによる断面解析								流出率検討要素			Guzzettiの経験式による崩壊土量 (m <sup>3</sup> )	すべり面形のタイプ	ボーリング調査	
		面積	最大長	最大幅	①見掛けの崩壊		②山腹残土		①+② 移動土塊		④末端までの距離 (m)	③+④距離 (m)	最大厚さ (鉛直) (m)	本	m				
		ha	m	m	崩壊量 (m <sup>2</sup> )	最大深さ (m)	土量 (m <sup>3</sup> )	最大厚さ (m)	土量 (m <sup>3</sup> )	面積 (m <sup>2</sup> )								③最大長 (水平) (m)	最大幅 (m)
14	柳谷	1.72	120	120	47,424	16.2	12,158	5.5	59,582	9,418	105	106	16.2	1	106	42,803	等厚型		
15	宇井	6.53	330	240	844,421	43.2	719,698	40.9	1,564,119	58,211	351	242	83.7	0	351	600,467	椅子型	8	232
16	赤谷東	25.70	830	430	1,860,001	79.8		0	1,860,001	105,208	402	345	79.8	411	813	1,416,454	等厚型		
17	赤谷	32.61	920	520	7,521,957	79.8	3,335,768	65.43	10,857,725	247,194	935	398	114.0	164	1099	4,888,062	等厚型	5	233
22	芦瀬	2.29	250	140	144,874	24.7	131,560	18.8	276,434	19,540	224	140	37.1	28	252	123,331	椅子型	5	125
23	坪内谷	3.59	310	200	198,070	22.5	265,122	28.8	463,192	28,704	261	154	45.5	55	316	215,401	椅子型		
24	冷水	7.40	310	330	770,330	40.6	932,446	39.8	1,702,776	74,343	304	329	56.9	0	304	856,111	椅子型	12	599
26	北股	5.39	320	180	586,633	44.8	442,842	33.4	1,029,475	43,834	271	219	55.0	88	359	397,977	等厚型	7	208
27		1.71	220	100	79,582	22.8	4,420	4.5	84,002	8,012	111	97	27.2	54	165	33,858	等厚型		
29		1.23	170	80	60,832	16.3	62,924	15.1	123,756	12,377	199	94	20.3	0	199	63,610	等厚型		
31	長殿	19.14	700	340	3,219,051	72.6	2,339,176	64.6	5,558,227	172,028	652	329	80.4	32	684	2,889,685	等厚型	2	168
32	湯谷	10.41	570	260	1,521,758	57.8	353,418	32.3	1,875,176	60,521	360	264	80.4	314	674	635,324	椅子型		
33	大崩れ	5.54	390	160	452,269	34.1	144,030	22.7	596,299	40,620	346	152	34.1	8	354	356,373	等厚型		
34		1.41	180	110	163,466	29.3	11,460	11.3	174,926	16,548	176	124	29.3	87	263	96,920	等厚型		
37		2.19	200	140	145,056	23.3	71,808	15.8	216,864	19,461	203	135	25.0	20	223	122,609	等厚型		
38	栗平	37.03	700	640	10,909,829	78.6	9,333,728	97.1	20,243,557	367,809	796	635	114.6	6	802	8,697,294	等厚型	1	187
43		2.46	370	100	186,967	32.0	177,454	45.3	364,421	15,758	213	98	54.9	0	213	90,283	等厚型		
56		1.34	170	90	38,620	11.0	1,890	6.7	40,510	7,537	97	108	11.3	103	200	30,986	等厚型		
64	迫	8.45	560	210	465,101	29.3	356,548	27.7	821,649	47,848	312	233	38.2	188	500	451,892	等厚型		

※1) No.及び地区名は参考文献1)に同じ  
 2)  $V=0.074 \times A^{1.45}$   
 注)No.34の移動土塊面積は拡大崩壊後の面積。航空写真判読に対応する面積は13,808m<sup>2</sup>

に明瞭な小崖が形成される、④斜面中腹より発生するものが多い。

4. 深層崩壊面積および土塊量の測定

各断面図に調査ボーリング結果を表示し、すべり面形の特徴を用いてすべり面形を推定した後、①見掛けの崩壊土量面積、②山腹残土量面積、③崩壊の長さ等(図-2)を測定し、平均断面法を用いて面積・土塊量を算出・合計した。結果を表-1に示す。

5. 紀伊山地における深層崩壊地面積と土塊量の関係

5.1 面積と移動土塊量 (移動土塊量推定式)

19 深層崩壊地による面積と移動土塊量の相関式は式-1 に示す通り累乗の関係式で表され、Guzzetti の経験式<sup>3)</sup>の 2.0~2.2 倍 (崩壊面積 1~40ha) の値となっている。

$$V=0.111 \times A^{1.480} \quad (R^2=0.9735) \dots\dots (1)$$

ここに、V：移動土塊量 m<sup>3</sup>、A：移動土塊平面積 m<sup>2</sup>

5.2 移動土塊量と崩壊地外へ流出した土塊量 (流出率推定式)

流出率は崩壊範囲外へ流出した土塊量/移動土塊量として定義されるが、崩壊地外へ流出した土塊量は本川への流出等により正確に測定する事が出来ない。その為、崩壊範囲外へ流出した土塊量の地山量である見掛けの崩壊土量を用いた。したがって、流出率は見掛けの崩壊土量/移動土塊量である。

流出率を表-1 のデータより算出し、図-5 に末端の位置と流出率の関係を示す。末端の位置とは、溪流から崩壊地末端までの距離/深層崩壊地の水平最大長×100%である。これらの回帰式は式-2 に示すとおり線形の関係式で表され、一定の関係があることが分かった。

$$R=0.0036 \times P_e+0.5653 \quad (R^2=0.4965) \dots\dots (2)$$

ここに、R:流出率、P<sub>e</sub>:末端の位置=L<sub>b</sub>/L<sub>max</sub>×100%、L<sub>b</sub>:末端の溪流からの距離、L<sub>max</sub>:崩壊地の最大水平長

6. おわりに

本研究から、紀伊山地の深層崩壊は「等厚型」と「椅子型」の二つに区別できること、崩壊後の地表面形はすべり面形および崩壊前の地表面形に似ている部分があるという特徴を有することが分かった。また、崩壊面積と移動土塊量の経験式、移動土塊流出率の経験式を導き出す事ができた。今後は、紀伊山地以外の事例でも検証していきたい。

【参考文献】

- 1)(独)土木研究所土砂管理グループ火山・土石流チーム：平成 23 年台風 12 により発生した深層崩壊について、  
[http://www.pwri.go.jp/team/volcano/deep\\_seated\\_landslides/deep\\_seated\\_landslides\\_Typhoon12\\_2011.htm](http://www.pwri.go.jp/team/volcano/deep_seated_landslides/deep_seated_landslides_Typhoon12_2011.htm), 2012.
- 2)渡正亮：岩盤すべりとすべり面，地すべり技術，Vol.23, No.2, pp.52~54, 1996.
- 3) Guzzetti F., Ardizzone F., Cardinali M., Rossi M., Valigi D.: Landslide volumes and landslide mobilization rates in Umbria, central Italy: Earth and Planetary Science Letters 279, pp.222-229, 2009.

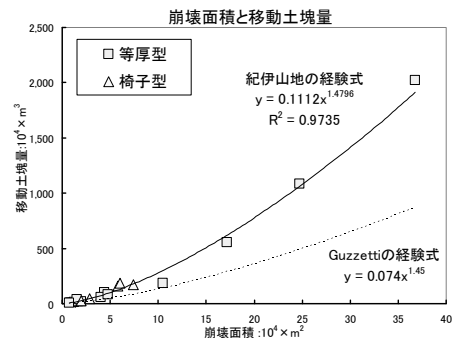


図-4 崩壊面積と移動土塊量

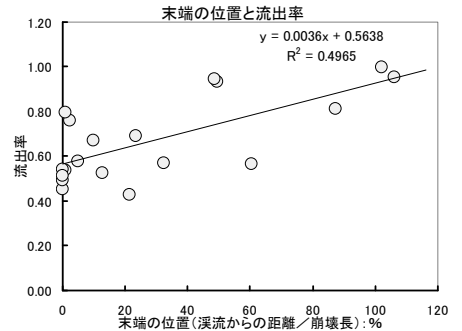


図-5 末端の位置と流出率