

平成 23 年台風 12 号豪雨により発生した斜面崩壊の要因分析

協和設計株式会社 ○南部啓太, 西岡孝尚
神戸大学大学院 澁谷啓

国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所 菅原寛明, 松尾嘉和, 中田博貴

1. はじめに

砂防施設を計画する際に、既往崩壊の拡大や崩壊面に分布する不安定した残土の流出、河床部に堆積する不安定土砂の流出などに加え、未崩壊箇所における新規の斜面崩壊の可能性も踏まえて施設配置を決定する必要がある。しかしながら、新規崩壊箇所を推定することは困難であり、土石流危険渓流では0次谷の延長を用いて設定するケースが多い。流域が小さい溪流では崩壊土砂量は少なく、施設配置位置も最下流付近に限定されることが多いため施設配置への影響は少ないが、流域が広大な場合は斜面崩壊リスクを評価し高いリスクが想定されるエリアに砂防施設を重点的に配置することで、施設規模を増やすことなく効果的な整備計画を実現することができると考えられる。そこで、本論文では、平成 23 年台風 12 号豪雨により 213 箇所の斜面崩壊が発生した流域を抽出し、崩壊箇所と斜面勾配や流域面積の地形量、地質、微地形特性などとの相関性を検討し、崩壊危険度の高い要因を分析した結果について報告する。

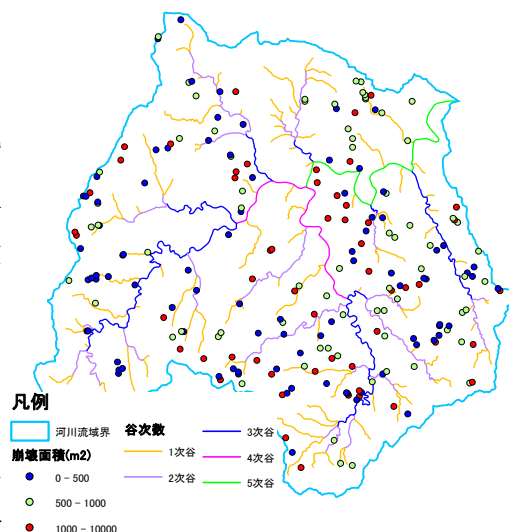


図-1 台風 12 号豪雨の崩壊箇所分布図

2. 平成 23 年台風 12 号豪雨により発生した検討流域での斜面崩壊の特徴

図-1 に示す検討流域は、流域面積は $A=45.8\text{km}^2$ で、平成 23 年台風 12 号での 1 日最大雨量 708mm 、総雨量 $1,451\text{mm}$ に及ぶ大規模豪雨により、崩壊箇所数 213、最大崩壊面積 $3,475\text{m}^2$ に至る斜面崩壊が発生した。土砂や流木の流出等により家屋や道路等に甚大な被害を与えた。

図-2 に崩壊諸元を示す。1 箇所の崩壊面積が $1,000\text{m}^2$ 以上である場合、崩壊土砂が流動化し土石流となって下流に被害を及ぼす危険性が高くなる¹⁾。本流域は $1,000\text{m}^2$ 以上の崩壊発生は 68 箇所、崩壊全体に対し 31%である。全体的には、 500m^2 以下の崩壊面積の割合が 40%と高く、次いで $500\sim1000\text{m}^2$ が 33%となっている。深層崩壊のような大規模崩壊は認められなかったが、土石流化する危険性の高い崩壊規模が多数発生しており、溪流の直下には住宅地や主要アクセス道路が分布するため、崩壊土砂が下流域に流出し溪岸侵食や溪床部の不安定土砂を含めて大規模な土砂流出被害が及ぶ結果となり、対策が急務な溪流特性を有していることが確認できる。

3. 崩壊箇所と各要因との相関性の検討方法

紀伊半島で多数認められた深層崩壊は検討流域では発生しておらず、本検討は表層崩壊を対象に検討している。ただし、崩壊規模は異なるものの、崩壊と各要因との相関性についての指標となると考えられることから、「深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)」²⁾を参考にして検討した。

崩壊と関連性が高い可能性が考えられる要因について、実際に崩壊した箇所との相関性を検討し、高い相関性を有する要因を抽出する。本検討では、集水面積と斜面勾配、地質特性、微地形要素、植生について、検討した。集水面積と斜面勾配は LP 測量データ、地質特性は「産業技術総合研究所：シームレス地質図」、微地形は「防災科学技術研究所：地すべり地形分布図データベース」、植生は「環境省生物多様性センター：植生図地理情報システムデータ」を用いて検討した。

4. 検討結果

4.1. 地形量との相関性

斜面勾配と集水面積及び崩壊面積率の関係から、崩壊面積率が検討対象地域全体の平均値の概ね 2 倍以上となる勾配と集水面積の組み合わせを危険度の高い地形量とし、それ以外を危険度の低い地形量とする。検討した結果、斜面勾配が 40° 以上で、集水面積が 0.1km^2 以上の危険性が最も

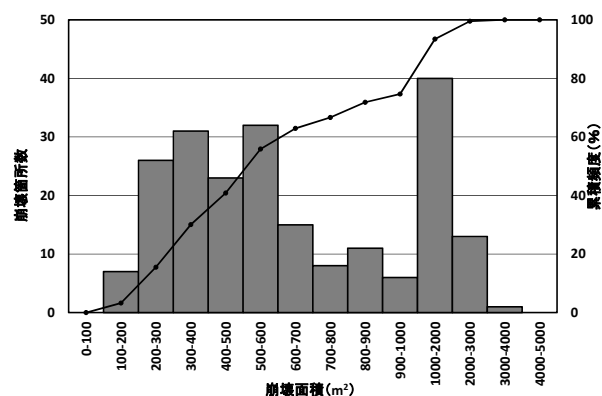


図-2 崩壊面積と箇所数、累積頻度の関係

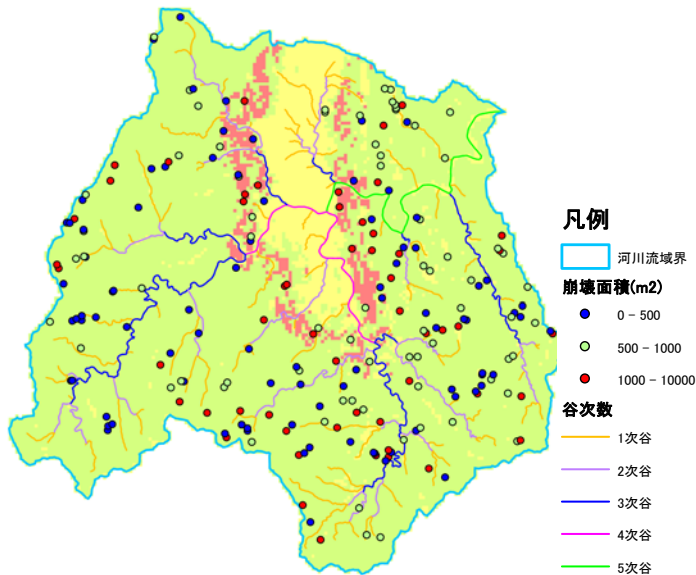


図-3 地質特性による崩壊危険度マップ

高く、斜面勾配 25～30° 以上で危険度が急激に増加する傾向が認められた。斜面勾配が 20° 程度でも集水面積が 0.02km² 以上から危険度が高くなる傾向がある。この傾向は土石流発生区間の勾配と概ね一致する。

4.2. 地質特性との相関性

検討流域の大部分が花崗斑岩を主岩体とする火成岩類が分布しており、その他、砂岩、泥岩などから構成される堆積岩類が分布し、これらの地質境界とあわせて、3 種類に区分できる。崩壊箇所図と地質図との重ね合わせ図を作成し、それぞれの相関性を検討して危険度要因の分析を行った。区分化を明確にするため、地質特性に斜面勾配も組み合わせ合わせて検討した。検討した結果、地質境界が最も中率が高く、次いで火成岩類が続く。火成岩類での崩壊メッシュ数が 465 であり、総崩壊メッシュ数 562 に対して約 83% で、崩壊の多くは火成岩類で発生していることが確認できる。また、地質領域も火成岩類が広いことから、カバー率が高くなったと考えられる。

4.3. 微地形および植生要素との相関性

滑落崖等の地すべり地形要素と表層崩壊地との相関は崩壊メッシュ数 562 箇所に対して 1 箇所のみであり、相関は認められなかった。地すべりと表層崩壊との崩壊形態に違いが統計結果に表れたものと考えられる。

植生特性として検討流域は、主にスギの植林(針葉樹)が主として分布しており、その他広葉樹も認められる。樹種について崩壊地との相関性を検討した結果、広葉樹の相関性がやや高い傾向が認められた。針葉樹は手入れがなされていることや、コドラート調査で確認した樹木材積が

約 10m³/100m² で広葉樹の約 2 倍の密な状態であり、植生根系の抵抗効果が発揮された³⁾可能性が考えられる。

5. おわりに 検討結果で地形量(集水面積・傾斜度)や地質特性で明瞭な相関性が認められた。危険度レベルを評価し危険度マップを作成することで、危険度の高い位置に砂防施設を配置するなど効率的な施設配置計画に利用できると考えられる。例えば、崩壊箇所を中心に砂防施設を配置すると施設数が増大するため、保全対象直上流付近の最下流域に配置するケースが多くなるが、今回検討した結果を用いることで地質境界域など崩壊危険度の高いエリアへの配置や、危険度に応じた整備優先度の決定など、施設配置に有効活用できると考えられる。

参考文献 1)建設省:土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領(案). 2)土木研究所資料第 4115 号. 3)小山内・他:森林の崩壊抑制効果を反映した生産土砂量の推定に向けた一考察, 砂防学会誌, Vol. 63, No. 5, p. 22-32.

表-1 斜面傾斜度と各要素との関係

(a) 地形量

		集水面積(log ₁₀ As)								
		3.40	3.70	3.88～ 4.00	4.10～ 4.40	4.44～ 4.70	4.72～ 5.10	5.11～ 5.40	5.40～ 5.70	5.70～
斜面傾斜度(度)	～10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	10～15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	15～20	0.000	0.000	1.316	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	20～25	0.518	1.724	2.381	1.923	5.405	2.247	3.571	0.000	0.000
	25～30	1.885	1.700	2.924	2.339	7.000	3.209	3.000	0.000	0.000
	30～35	2.374	2.581	4.259	4.554	4.878	3.759	4.918	0.000	0.000
	35～40	2.666	3.176	4.421	4.094	2.985	1.899	3.817	0.000	0.000
	40～	2.843	4.098	4.568	4.471	3.481	3.817	5.785	0.000	0.000

(b) 地質特性

地質境界	①	②	③	②/①	②/③		
傾斜度	表層崩壊 メッシュ数	地質境界 表層崩壊 メッシュ数	地質境界 メッシュ数	カバー率	的中率	的中率比	
～10	0	0	101	0.00	0.00	0.00	
10～15	0	0	120	0.00	0.00	0.00	
15～20	1	0	159	0.00	0.00	0.00	
20～25	22	0	211	0.00	0.00	0.00	
25～30	63	2	307	0.03	0.01	0.22	
30～35	130	18	489	0.14	0.04	1.23	
35～40	161	29	795	0.18	0.04	1.22	
40～	185	46	773	0.25	0.06	1.99	

火成岩類	①	②	③	②/①	②/③		
傾斜度	表層崩壊 メッシュ数	火成岩類 表層崩壊 メッシュ数	火成岩類 メッシュ数	カバー率	的中率	的中率比	
～10	0	0	54	0.00	0.00	0.00	
10～15	0	0	113	0.00	0.00	0.00	
15～20	1	1	316	1.00	0.00	0.11	
20～25	22	22	873	1.00	0.03	0.84	
25～30	63	60	1,953	0.95	0.03	1.03	
30～35	130	111	3,214	0.85	0.03	1.15	
35～40	161	132	4,161	0.82	0.03	1.06	
40～	185	139	4,212	0.75	0.03	1.10	

堆積岩類	①	②	③	②/①	②/③		
傾斜度	表層崩壊 メッシュ数	堆積岩類 表層崩壊 メッシュ数	堆積岩類 メッシュ数	カバー率	的中率	的中率比	
～10	0	0	124	0.00	0.00	0.00	
10～15	0	0	96	0.00	0.00	0.00	
15～20	1	0	90	0.00	0.00	0.00	
20～25	22	0	108	0.00	0.00	0.00	
25～30	63	1	189	0.02	0.01	0.18	
30～35	130	1	209	0.01	0.00	0.16	
35～40	161	0	108	0.00	0.00	0.00	
40～	185	0	11	0.00	0.00	0.00	

(c) 植生特性

広葉樹	傾斜度	表層崩壊 メッシュ数	広葉樹 表層崩壊 メッシュ数	広葉樹 メッシュ数	カバー率	的中率	的中率比
～10	0	0	0	26	0.00	0.00	0.00
10～15	0	0	0	62	0.00	0.00	0.00
15～20	1	0	0	140	0.00	0.00	0.00
20～25	22	7	336	0.32	0.02	0.70	
25～30	63	19	770	0.30	0.02	0.82	
30～35	130	42	1,178	0.32	0.04	1.19	
35～40	161	63	1,354	0.39	0.05	1.56	
40～	185	61	1,109	0.33	0.06	1.84	

針葉樹	傾斜度	表層崩壊 メッシュ数	針葉樹 表層崩壊 メッシュ数	針葉樹 メッシュ数	カバー率	的中率	的中率比
～10	0	0	0	183	0.00	0.00	0.00
10～15	0	0	0	210	0.00	0.00	0.00
15～20	1	1	382	1.00	0.00	0.09	
20～25	22	15	821	0.68	0.02	0.61	
25～30	63	44	1,643	0.70	0.03	0.90	
30～35	130	87	2,719	0.67	0.03	1.07	
35～40	161	98	3,689	0.61	0.03	0.89	
40～	185	123	3,868	0.66	0.03	1.06	