

森林植生を評価した表層崩壊予測手法の開発

有) 秋山調査設計 秋山健一郎

1. はじめに

膨大なる斜面崩壊危険箇所数に対処するには斜面の客観的な評価が不可欠である。しかし地質や水文に関する不確定な問題や植生の関与など斜面崩壊機構はまだ不明な点が多い。そこで筆者等は平成 18 年に坂出市の宅地での斜面警報装置の試験中¹⁾に発生した斜面崩壊の観察に基づいて、植生や地下構造に関する偶然の影響を極力少なくする方法を取り入れた表層崩壊予測手法を開発した。過去の複数の崩壊事例で検証した結果、これにより少量の雨でも崩壊する複雑な崩壊現象をも説明できるなど、その実用性が認められるので以下にその概要を述べる。

2. 表土のブロック崩壊モデル

灌木と草地からなる斜面で 20 mm の強い雨で表層崩壊が発生した。前日までの 177 mm の降雨で地盤が緩んでいたものと考えられる。崩壊の翌日、付近に数箇所の斜面警報装置を設置したが変位はその後、小康状態となり累積量は 7 cm を記録してその後、翌年の乾期までにその活動を停止した。

本観察で、①崩壊した場所は植生の最も貧弱な部分であること、②表土が厚いと思われる傾斜変換点付近であること、③ほぼコンターに沿って斜面に垂直の亀裂が複数生じ消長を繰り返したこと、④上下に 2 m 離れた土塊が圧縮と引っ張りの逆方向に別々の動きを見せたこと、⑤ 5 cm の変位では崩壊せず推定 10cm 以上で崩壊した等が判明し、豪雨・地震両方に使えるブロック崩壊モデルを考えた。

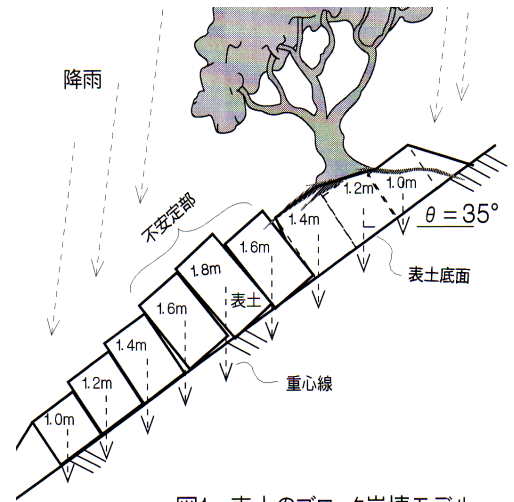


図1 表土のブロック崩壊モデル

3. 斜面のバランスモデル

当斜面において前日までの雨で縦亀裂が多く生じ、当日の強い雨で亀裂から雨水が流入して崩壊したと推測される。基盤の凹凸等 (X) や水文構造 (Y) 及びその他の要因は降雨履歴と共に木の根曲りや段差等に記録されている。²⁾ 従い変位履歴は現地でおおよそ推定できるので、X、Y を含む雨量-変位量関係が分かれば過去 2 回の降雨イベントから X、Y の逆算は可能である。そこで実験の観察から図 2 左側の不安定要因を {傾斜角 θ ・ (層厚 D ・ $X +$ 連続雨量 P ・ Y)} と考え、一方、右側の安定要因は { (樹種係数 λ × 樹齢係数 μ) の植生量 + 土塊間の付着力} として、その差 (転倒力) K が左下のバネに作用して $K^2 \div$ 地表変位量 ε cm となるように約 10 件の崩壊例で係数を整え、経験式を得た。とりあえず X、Y は地質や年間降雨量等により推定した。層厚 D m は現地試験で求めるのが理想であるが X に吸収されるので $1/\tan \theta$ 等の概算でもよい。水文学量は $0.005 \times$ 連続雨量とした。

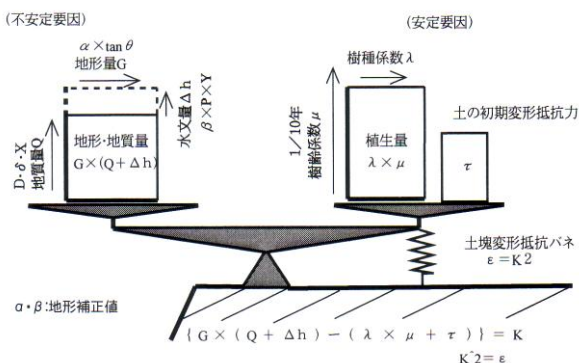


図2 斜面のバランスモデル

運用に際しては (表 1) 計算結果と雨量毎の変位図 (図 3) を手元に置いて警戒にあたる。予想変位量が数 cm で警戒、5 cm を越えると避難の準備、10cm に近づくようであれば避難する等、予想変位量に応じた行動基準をあらかじめ設定しておく。豪雨後は安全を確認した上で裏山の亀裂や木の異常の有無を観察し、変状に応じて緩み係数 δ を通常 1 ~ 最大 2 の範囲で再設定して計算し毎回グラフを更新する。その後 1 年間変位を生じない場合、 δ は半減/年の割合で回復させ 5 ~ 6 年でもとのほぼ 1 に回復させる。定期的に植生を見直し、また豪雨後には ε

を検証し X、Y を見直す。地震時には $\theta \times$ 水平震度係数 \times 斜面方位補整で雨量と合算した変位量を求める。

4. 過去の崩壊事例による検証の一例（土木研究所試験流域 荒谷地区）³⁾

本例は、広島市西部山系の荒谷川水系の土木研究所試験流域での検証例である。1999年6月豪雨連続雨量350mm、で下表中央の地点の赤マーク5地点が崩壊跡地である。地形図と衛星写真から求めたデータで植生 $\mu \cdot \lambda$ と地質 τ は均一であり、違いと言えば地形の各係数のみである。計算結果（上表）左側が出力で、数字は変位量cm

表1 計算結果

[地点: 荒谷 1999年度 A ブロック]													調査: 荒谷 年度 1999年 ブロック A				係数凡例		基本入力										
換算D	雨量(mm)												地点	植生	地形	地質	調整値	体調	○植生	(傾斜角)									
	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800									900	1000	分散例	係数					
1.725				1	2	4	6	8	15	23	33	44	58	73	1	1.5	3.0	2.0	2.5	3.7	2.0	1.3	1	1	○植生	裸地: 0	分散例	1	
1.857									3	6	9	14	20	27	2	1.5	3.0	2.0	2.0	3.5	2.0	1.3	1	1	○植生	草地: 0.1~0.5 (0.2)	分散例	1	
1.605									2	5	9	15	21	30	3	1.5	3.0	2.0	2.0	3.9	2.0	1.3	1	1	○植生	竹: 0.7	分散例	1	
1.615				2	4	7	10	14	25	38	54	74	96	121	4	1.5	3.0	2.5	2.0	4.4	2.0	1.3	1	1	○植生	灌木: 0.5~1.5 (1.0)	分散例	1	
1.725								1	4	7	12	17	24	32	5	1.5	3.0	2.0	2.0	3.7	2.0	1.3	1	1	○植生	針葉樹: 1~2.5 (2.0)	分散例	1	
1.664									1	3	5	8	12	16	6	1.5	3.0	1.5	2.0	3.8	2.0	1.3	1	1	○植生	広葉樹: 2~3.5 (3.0)	分散例	1	
1.997				2	3	6	8	15	23	33	45	60	76	7	1.5	3.0	2.5	2.0	3.8	2.0	1.3	1	1	1	○植生	・年数 1/10年	分散例	1	
1.171				2	4	7	14	23	35	49	66	86	8	1.5	3.0	2.0	2.0	4.8	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1	
1.133				1	3	6	11	18	26	35	46	9	1.5	3.0	1.5	2.0	4.9	2.0	1.3	1	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1	
1.664							2	4	8	13	19	27	36	10	1.5	3.0	2.0	2.0	3.8	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.605				1	2	3	5	9	14	20	27	35	45	11	1.5	3.0	1.5	2.5	3.9	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.664								2	4	8	13	19	27	36	12	1.5	3.0	2.0	2.0	3.8	2.0	1.3	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.56				2	4	7	11	15	27	41	59	80	104	131	13	1.5	3.0	2.5	2.0	4.5	2.0	1.3	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1	
1.255							2	4	8	13	19	26	35	14	1.5	3.0	1.5	2.0	4.6	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.346				1	2	4	9	16	24	35	47	61	15	1.5	3.0	2.0	2.0	4.4	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1	
1.506				2	5	8	12	17	29	45	64	86	112	141	16	1.5	3.0	2.5	2.0	4.6	2.0	1.3	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1	
1.3								3	6	10	15	22	17	1.5	3.0	2.0	1.5	4.5	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1	
1.56				2	4	6	13	21	32	45	61	78	18	1.5	3.0	2.5	1.7	4.5	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1	
1.115								1	3	5	8	12	16	19	1.5	3.0	1.0	2.5	4.3	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.3				3	5	8	12	17	29	44	62	83	108	135	20	1.5	3.0	2.0	2.5	4.5	2.0	1.3	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.405				1	3	6	10	14	20	34	53	75	101	131	164	25	1.5	3.0	2.5	2.0	4.8	2.0	1.3	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.171				1	3	5	8	11	19	29	41	56	72	91	22	1.5	3.0	1.5	2.5	4.8	2.0	1.3	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.171				1	3	5	8	11	19	29	41	56	72	91	23	1.5	3.0	1.5	2.5	4.8	2.0	1.3	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.733								1	4	8	13	20	29	38	24	1.5	3.0	2.5	1.5	4.2	2.0	1.3	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.506				2	5	8	12	17	29	45	64	86	112	141	25	1.5	3.0	2.5	2.0	4.6	2.0	1.3	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.3							1	3	5	10	17	27	38	51	66	26	1.5	3.0	2.0	2.0	4.5	2.0	1.3	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.926				2	4	6	9	16	25	36	49	65	82	27	1.5	3.0	2.5	2.0	3.9	2.0	1.3	1	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1
1.733				1	3	5	8	12	21	32	46	63	82	104	28	1.5	3.0	2.5	2.0	4.2	2.0	1.3	1	1	1	○地形	・分散例 (%)	係数	1

で赤色が崩壊位置をしめす。本表は下の図3の太線より下側のAブロックの計算である。これを見ると崩壊場所はおおむね一致するが、No20のみ崩壊していない。なお本手法で自動計算された左端表土層厚の平均値1.45m(全体)に対して173箇所の簡易貫入試験実測値=1.42mと近い値になっている。(但し計算は右岸側斜面のみ)

5. まとめ

本斜面表層崩壊予測法は①予想雨量及び地震に対して変位量が一義的に求まる簡便性から、住民が使用でき自主防災に利用できること②将来予測を含めた森林の防災機能を経済換算できること③BMSなどの斜面警報装置⁴⁾等を併用し崩壊予測精度の向上が可能、等の利点がある。

林業との整合性により膨大な数の危険箇所に対しても対処でき、森林の手入れを行った場合の将来予測が可能で、林業の防災効果を算出し、CO2削減問題等環境保全効果を踏まえた中山間地の経済価値の再評価も可能である。また豪雨

と地震双方を統合した予測では、将来展望としてインターネット上で衛星写真のデータから単位斜面を自動区分し、各種係数の電算処理は可能と思われ、近傍の雨量データや雨量警報装置⁴⁾などからデータを得て世界的に危険箇所のデータを収集し地震の振動方向から総合的な斜面の不安定化部分を画面表示する方向に推移すると考える。

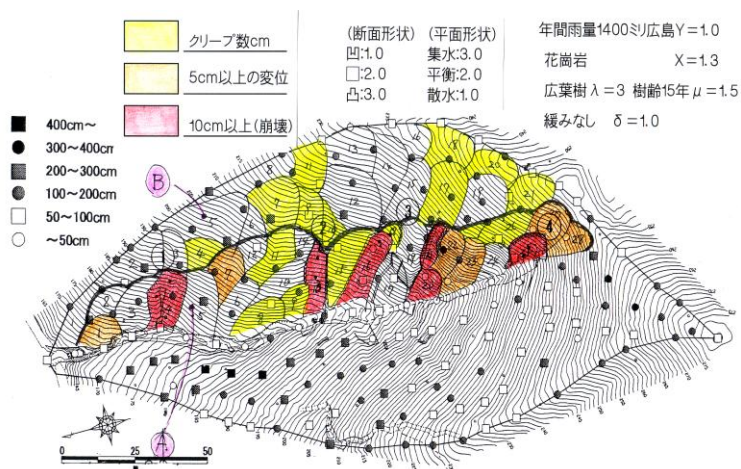


図3 荒谷地区崩壊予想結果

参考文献

- 1) 三村亮,秋山健一郎,長谷川修一:「パイプ式住民参加型斜面監視装置による住宅斜面のモニターリング」平成19年度土木学研究発表
- 2) 東 三郎:「地表変動論」植生判別による環境把握
- 3) 秋山浩一,内田太郎,田村圭司,寺田秀樹:「表層崩壊発生予測におけるパラメータの設定手法」平成21年度砂防学会研究発表
- 4) 秋山健一郎,田村圭司,内田太郎,伊藤洋輔:「電源供給を必要としない斜面崩壊警報装置 BMS の開発」平成21年度砂防学会研究発表