

大規模崩壊現象とその対策手法に関する研究

新潟大学 川邊 洋、岩手大学 井良沢道也、新潟大学 権田 豊
弘前大学 檜垣大助、新潟大学 丸井英明、国交省湯沢砂防 萬徳昌昭

1. 融雪に起因した土砂災害の予知・予測手法

1.1 背景と目的

2004年10月に発生した新潟県中越地震により、旧山古志村を含む芋川流域では崩壊や地すべりなど多くの土砂災害に見舞われた。新潟県は、豪雪地帯として知られ、地震発生以降、融雪に起因する土砂災害が多発している。

そこで、本研究では①融雪期の地すべりや斜面崩壊、河道内に堆積した不安定土砂の流動化を引き起こす融雪水量の適正なる予測手法の検討と、実際に芋川流域周辺で発生した融雪による土砂災害の発生事例、全11事例から融雪による土砂災害の予知予測へ向けた考察を行った。②また、雪氷防災研究センター新庄支所雪氷防災研究棟(CES)にて融雪水の斜面浸透実験を実施した。③さらに、新潟県旧山古志村芋川流域内の地すべり地の地下水位と融雪水量・降雨量の対応関係について検討を行った。④逆転層形成時の融雪量について検討を行った。⑤天気予報を用いた融雪水量の予測と土砂移動の予測を行った。ここでは①について述べる。

1.2 融雪水量予測手法の検討及び融雪による土砂災害の発生事例解析

1) 日融雪水量は、熱収支法を用いると、再現性が高く、精度の良い推定が可能であるが、簡易熱収支法やDegree-day法でも同程度の高い精度が得られた。

2) 気温、降水量、日射量から推定することが出来る簡易熱収支法は、短期予測や任意地点の推定も可能であることから、適用が望ましい。

3) 2005年4月23日夜半の東竹沢土砂災害発生当時の融雪状況と気象状況を検証した。前日から連続して地表面に融雪や降雨が供給され続けた場合(累積で100mm程度)に、土砂災害が発生している場合が多くあった。そのため、数日単位で融雪水量を累積することが必要である。

1.3 融雪水の斜面浸透実験

本実験では、試料を充填した斜面供試体と水平供試体の上部に人工雪を設置し、気象条件を制御することによって気象変化のもたらす融雪発生の影響や試料への融雪水の浸透をはじめとした融雪水の動態について把握した。

本実験の結果から、融雪による浸透の変化挙動は降雨と異なり長期に亘って続くことから、災害発生の危険性が長期化することが見込まれるため、長期間に亘って警戒を続けることが重要と考えられる。

今後、本検討で明らかになった事項を取り入れた融雪の発生から地中の浸透までを考慮した手法を構

築することが融雪に起因した土砂災害の減災手法の構築には重要である。

2. 地震による地すべり性斜面変動発生場の素因面からの予測 — 平成20年岩手・宮城内陸地震を例として —

2.1 背景と目的

平成20年岩手・宮城内陸地震では、栗駒山南東麓において多数の変位量の大きい地すべり・地すべり性崩壊が発生した。これらの発生場の地形・地質的素因を調べることによって、今後の地震による地すべり性斜面変動発生場を予測する指標を検討した。

2.2 栗駒山南東麓の地すべり性斜面変動発生場の地形・地質的特徴

旧カルデラの火山性堆積物の作る小起伏面を刻む沢沿いに多数の地すべり・地すべり性崩壊が発生した。250m埋谷接峰面からの沢下刻量と斜面変動発生個所の関係を見ると、表層崩壊が下刻量の大きい所ほど発生しやすいのに対し、地すべり・地すべり性崩壊はある程度の下刻量があれば発生している。

この地域の地すべり・地すべり性崩壊のすべり面は、旧カルデラ堆積層中の軽石凝灰岩・細粒火山灰層に生じていた。これらの層はまとまった降雨の無い時期でも自然含水比が高く鋭敏な状態にあった。また、難透水層を形成するシルト岩層の直上では湧水点が多いことから、その直上にある上記2層の高い含水比を維持する地下水流動経路が存在したと考えられる。すなわち、旧カルデラ堆積物としてほぼ水平に堆積していた流動化しやすい地層が河川の下刻で谷壁下部に露出していたことが、地震時に大規模な変位を伴う地すべり・地すべり性崩の素因になったと考えられる。

また、谷壁に地すべり地形やステップ状地形が存在するなど、過去に地すべり・地すべり性崩壊が起こったことを示す地形が、背後に後退する形で斜面変動が起こった事例も発生個所の約3~5割に及ぶ。

2.3 地すべり性斜面変動発生場の予測指標

以上のことから、地すべり性斜面変動の発生しやすい地形・地質素因を持つ斜面として、1)小起伏面を刻む沢沿いに位置する、2)水平層をなす旧カルデラの火山性堆積物中の軽石凝灰岩・細粒火山灰層など塑性流動しやすい層が存在し、それが谷壁下部に露出している、3)湧水点が多く地下水流動経路が存在している、4)地すべり地形・ステップ状地形が存在する、などの条件が挙げられる。

3. 周波数特性から見た地震災害地の特徴

新潟県中越地震の地震災害地において、地震動の卓越周波数と地震災害地の固有周波数を比較し、崩壊発生と周波数特性の関係について検証した。

地盤の固有周波数特性は、常時微動の水平動(H)と上下動(V)のスペクトル比(H/V)から求めた。測定は最も崩壊が多かった堆積岩を含む4地質と、堆積岩のうち最も崩壊が多かった砂岩泥岩互層を含む4地質で行い、地質毎に2~3か所で計測した。また、中越地震の卓越周波数は、(独)防災科学技術研究所の強震観測網(K-NET)より得た。小千谷 1.5Hz、小出 4Hz、十日町 4.5Hz、長岡 4.5Hz であった。

結果を表3に示す。固有周波数にはばらつきがあるが、地質の違いで固有周波数が大きく異なることはなかった。しかし、過半数を上回る個所で1~1.5Hz という同一の値が得られており、この値は小千谷の1.5Hzと一致している。

このことから、崩壊が多発した堆積岩で本震による共振が起こったとは断言できないが、今後この1~1.5Hzの卓越周波数が何に起因しているのかを検証する必要がある。

4. 2004年7月新潟豪雨により発生した崩壊のGISを用いた特性解析

2004年7月13日、新潟県中越地方は梅雨前線の停滞により記録的な集中豪雨に見舞われた。山地・丘陵地帯で広範囲に発生した斜面崩壊については、これまで勾配や地質に注目した解析(山岸ら、2008)が行われてきたが、農地や林地などの土地利用に着目した解析は行われていない。そこで本研究では、地形や地質に土地利用を加味して、斜面崩壊の特性を解析した。

4.1 対象地域の概要

崩壊が多発した旧出雲崎町、旧与板町、旧和島村、旧三島町の4市町村(以下、出雲崎周辺)と旧栃尾市(以下、栃尾)を研究対象地域とした。

出雲崎周辺の総面積は13,290ha、西側と東側に南北に延びる丘陵が存在する。平地の大半は水田で、丘陵には針葉樹林と広葉樹林が同程度の割合で分布している。崩壊数1,553、崩壊総面積86.4haで、崩壊の多くは丘陵に集中している。

栃尾の総面積は20,500ha、標高の高い山地に囲ま

れており、平地はほとんどない。山地の大半は広葉樹林で構成されている。崩壊数1,139、崩壊総面積79.5haである。栃尾に比べ、出雲崎周辺で多くの崩壊が発生しており、崩壊面積率も高い。

4.2 結果

崩壊発生の有無を目的変数とし、各環境因子のカテゴリーを説明変数として、数量化理論Ⅱ類により各環境因子の崩壊発生への寄与度を検討した。

崩壊への寄与度を表すカテゴリースコアのレンジから、出雲崎周辺では傾斜(レンジ2.8)、平面曲率(レンジ2.2)、地質(レンジ2.0)の順に崩壊の発生に及ぼす影響が大きい(表1)。一方、栃尾では傾斜(レンジ2.6)、地質(レンジ1.2)、平面曲率(レンジ0.7)の順に崩壊の発生に及ぼす影響が大きいことがわかる(表2)。土地利用については、出雲崎周辺、栃尾両地域ともにレンジが小さく、崩壊の発生に及ぼす影響は小さかった。

今後、出雲崎周辺と栃尾で崩壊と環境因子との関係に違いが生じた原因について、因子を細分化して解析を進めていきたい。

表1 出雲崎周辺の数量化Ⅱ類による崩壊に関する解析結果

項目名	カテゴリー名	n	カテゴリースコア
傾斜	0-10	4393	-0.5
	10-20	2042	0.0
	20-30	1435	0.2
	30-	855	2.3
平面曲率	凹	276	1.1
	平坦	8157	0.0
	凸	292	-1.1
土地利用	針葉樹	2389	0.0
	広葉樹	2413	0.0
	水田	2787	0.1
	その他	1136	-0.1
地質	砂質シルト	2706	-0.2
	泥岩	1119	0.0
	砂岩泥岩互層	487	1.8
	砂礫	2570	-0.2
	砂礫シルト互層	1843	0.1

表2 栃尾の数量化Ⅱ類による崩壊に関する解析結果

項目名	カテゴリー名	n	カテゴリースコア
傾斜	0-10	3204	-0.8
	10-20	2647	-0.6
	20-30	2291	0.5
	30-	1774	1.7
平面曲率	凹	491	0.2
	平坦	8884	0.0
	凸	541	-0.5
土地利用	針葉樹	1060	0.1
	広葉樹	5438	-0.1
	水田	2416	0.1
	その他	1002	0.4
地質	砂質シルト	977	0.9
	泥岩	4018	-0.1
	砂岩泥岩互層	1287	0.0
	砂礫	1576	-0.4
	溶岩	2058	0.1

表3 新潟県中越地震における本震の固有周波数と地質毎の卓越周波数

本震	卓越周波数 (Hz)	地質	固有周波数 (Hz)	堆積岩の地質	固有周波数 (Hz)
小千谷	1.5	堆積岩	1~1.5、2~5、10~12	砂岩	1~1.5、9~10
小出	4.0	火山岩	0.8、4~9	砂岩泥岩互層	1~1.5、4、10~12
十日町	4.5	深成岩	7~10、11~18	海成シルト	1~1.5、2~3、9~12
長岡	4.5	付加帯	2~4、5	暗塊状泥岩	0.6~1、2~5、8