

表1 近年の大規模地震地すべり事例

地震名 (主な被災県)	発生年月日 マグニチュード	地すべり形態	地質	地震前後の降雨
平成20年岩手・宮城内陸地震 ³⁾ (宮城県, 岩手県)	2008.6.14 M7.2	深層崩壊	火山性堆積物 軽石質凝灰岩 溶結凝灰岩	5月16日～6月10日までの降雨量 200mm超 ⁴⁾
平成23年東北地方太平洋沖地震 ⁵⁾ (宮城県, 福島県, 岩手県)	2011.3.11 M9.0	緩斜面地すべり 深層崩壊	降下火砕物 火山灰土	—
平成28年熊本地震 ⁶⁾ (熊本県, 大分県)	2016.4.14,16 M7.3	緩斜面地すべり 大規模表層崩壊	阿蘇カルデラ 溶結凝灰岩	地震後降雨による 二次土砂移動 ⁷⁾
平成30年北海道胆振東部地震 ⁸⁾	2018.9.6 M6.7	大規模表層崩壊	降下火砕堆積物 火砕流堆積物	—

熊本地震、北海道胆振東部地震の事例を取り上げ、地質や地すべり形態についてそれぞれ比較した。

2.1 岩手・宮城内陸地震³⁾

岩手・宮城内陸地震では、3,500箇所にも及ぶ斜面崩壊、地すべりが発生し、そのうち10箇所以上の大規模地すべりと急傾斜地の表層崩壊、落石などが報告されている。この地震では古いカルデラ内に堆積した湖成層がすべり面となつて地すべりが発生したことから、ある特定の地層をすべり面として地すべりが地震発生時に再活動することが確認された。また、崩壊発生前の降雨状況は気象庁のデータによると、発生前30日間で200mmを超える降雨⁴⁾が記録され、これによって地盤の強度低下が生じ大規模な深層崩壊につながったと考える研究者もいる。

2.2 東北地方太平洋沖地震⁵⁾

東北地方太平洋沖地震は、わが国の観測史上最大のM9.0の地震である。この地震では、津波による被害が甚大かつ広範囲であった。それと比較して地すべりや斜面崩壊による被害は限定的で、福島県白河市および栃木県那珂川町において緩斜面がすべり、移動土砂が流れ広がる崩壊性地すべりの発生が確認された。また、福島県内陸南部から栃木県では、本震の震度が6強と大きく、丘陵斜面や段丘斜崖斜面において火山性堆積物からなる斜面の流動性地すべりが多く確認された。

2.3 熊本地震⁶⁾

熊本地震では、熊本県熊本地方を震源とするM7.3の地震が発生し、広い地域で強い揺れが観測された。また、熊本県阿蘇郡南阿蘇村では震度6強の地震によって、多数の建物が倒壊するとともに、100箇所以上で斜面崩壊が発生した。多数の斜面崩壊が確認された南阿蘇村は阿蘇カルデラ西部地域に位置し、この地域一帯は溶岩及び火砕岩と阿蘇火砕流堆積物が分布しており、強い揺れに起因して多数の地すべり及び斜面崩壊が発生した。また、阿蘇カルデラ内の中央火口丘群斜面で起こった崩壊は傾斜10°程度の緩斜面で発生していたことが特筆される。また、本震後の6月19日～29日にわたる降雨によって、土石流が発生し、被害が再び発生した。このように、地震後の降雨によって二次土砂移動現象が発生したことが特徴として挙げられる⁷⁾。

2.4 北海道胆振東部地震⁸⁾

北海道胆振東部地震は北海道胆振地方中東部を震源とするM6.7の直下型地震であり、北海道の観測史上初となる最大震度7が観測された。本地震による地盤被害の特徴は、厚真町を中心とした広範囲にわたる大規模斜面崩壊と札幌市の液状化である。特に斜面崩壊箇所は震央を中心として南北に分布し、斜面崩壊面積は13.4km²、土量は3,000万m³と明治以降の主要な地震災害の中で最も多いことが報告されている。斜面崩壊が多発するに至った原因として、樽前火山から噴出し、地盤を厚く覆っていた固結度の低いテラフ層が地震動によって崩壊したためと考えられている。

3 地震地すべりにおける危険因子の検討

図1と表1から各地震に共通してみられる地すべりと斜面崩壊の素因と誘因を表2にまとめた。主な地すべり・斜面崩壊の素因として火山灰や軽石などの降下火砕物が指摘できる。また、地震前の降雨が誘因として指摘できる。

表2 素因と誘因が地震時の斜面へ及ぼす影響

素因・誘因	素因：降下火砕物	誘因：地震前の降雨
斜面	地震動に対して脆弱	地盤強度の低下

(1) 降下火砕物

日本列島には火山灰や軽石などの未固結の降下火砕物が広く分布しており、熊本地震⁶⁾や北海道胆振東部地震⁸⁾では、これらが堆積している傾斜地で、多数の斜面崩壊が発生した。降下火砕物は上空から降下し堆積するため、斜面に平行な層構造つまり流れ盤構造を形成している。また、軽石などは高含水比状態であり、攪乱を受けると軟質化しやすい。そのため、これらに起因する地すべりの特徴⁹⁾として、崩壊層厚は数mと比較的薄いものの、その移動速度は大きく、また流動的で遠方まで移動・広い堆積域を形成する。

(2) 地震前の降雨

岩手・宮城内陸地震³⁾では、先行降雨によって地盤が脆弱となり大規模崩壊が発生した。また、2004年の新潟県中越地震では地震前の3日間で100mmを超える降雨を経験していたため、多くの地すべりが発生した。このことから、地すべりの発生は地震前の降雨の有無やその量によって異なり、地下水位および土の含水状態が地盤の強度や動的挙動に影響を及ぼしていると考えられている。また、熊本地震のように地震後の降雨によって二次的な土砂災害が発生し、被害が拡大・継続することがある。二次災害を防止するため、熊本地震^{6,7)}以降、伸縮計、地盤傾斜計、カメラなどによる土砂移動の監視など種々の取り組み¹⁰⁾がなされるようになった。

以上、近年の地震で発生した地すべり・斜面崩壊の事例比較から危険因子を抽出し、それぞれについて述べた。これら危険因子が潜む背景には日本列島が4つのプレートの境界に形成され、降雨が多い湿潤な気候にあるという地理的条件がある。

4 まとめ

図2に上野ら^{11), 12)}が示した斜面が地震や降雨の影響で破壊に至るまでの模式図を示す。こ

れから分かるように、斜面の不安定化は降下火砕物による地盤の劣化が地震や降雨によって進行し、極限状態となった時に崩壊が発生する。地震時の地すべり・斜面崩壊は降下火砕物の分布状況を把握することで、危険斜面を大まかに抽出可能であるが、詳細に発生場所を推定する方法については確立されていない。今後の課題として、上野ら^{11), 12)}が提示したモデルに、降下火砕物からなる地盤の変位モニタリング結果を反映させて、危険斜面を抽出することが考えられる。

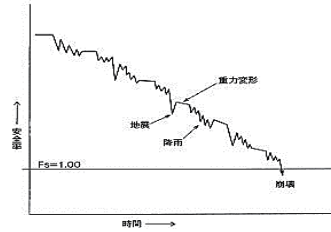


図2 斜面が地震や降雨の影響で破壊に至る模式図(文献 11), 12)の図を引用)

参考文献

- 1) 大石久和, 川島一彦: 脆弱国土を誰が守る, 中央公論, Vol.113, pp.148-165, 1998.
- 2) 阿部真郎, 林一成: 近年の大規模地震に伴う地震地すべりの運動形態と地形・地質的発生の場, 日本地すべり学会誌, Vol.48, No.1(199), pp.52-61, 2011.
- 3) 井口 隆, 大八木規夫, 内山庄一郎, 清水文健: 2008年岩手・宮城内陸地震で起きた地すべり災害の地形地質的背景, 防災科学技術研究所主要災害調査, 第43号, pp.1-10, 2010.
- 4) 安田幸生, 野口正二, 三森利昭: 岩手・宮城内陸地震災害地における2008年の気象と山地積雪水量分布の特徴, 森林総合研究所研究報告, 11巻, 3号, pp.135-150, 2012.
- 5) 千木良雅弘, 中筋章人, 藤原伸也, 阪上雅之: 2011年東北地方太平洋沖地震による降下火砕物の崩壊性地すべり, 応用地質, 第52巻, 第6号, pp.222-230, 2012.
- 6) 宮縁育夫: 平成28年(2016年)熊本地震によって南阿蘇村周辺域で発生した斜面災害, 地学雑誌 Journal of Geography (Chigaku Zasshi), 125巻, 3号, pp.421-429, 2016.
- 7) 石川芳治, 他22名: 平成28年熊本地震後の降雨による二次土砂移動と二次土砂災害, 砂防学会誌, Vol.69, No.4, pp.25-36, 2016.
- 8) 木幡行宏: 平成30年北海道胆振東部地震による地盤被害の要因に関する調査, 室工大紀要, 第69号, pp.3-8, 2020.
- 9) 梅田浩司, 千代谷佳織, 柴正敏, 近藤美左紀: 平成30年北海道胆振東部地震に伴う斜面崩壊, 応用地質, 第60巻, 第4号, pp.172-179, 2019.
- 10) 笹原克夫, 酒井直樹: 地表面変位と地下水位のモニタリングに基づく斜面崩壊発生予測, 地盤工学ジャーナル, Vol.9, No.4, pp.671-685, 2014.
- 11) 上野将司: トップリングタイプ斜面変動の調査と対策, 応用地質技術年報, No. 31, pp. 25-41, 2012.
- 12) 上野将司, 阪元恵一郎, 田中姿郎, 坂島俊彦: 計測記録から見た斜面の初生変動に関する検討, 平成26年度日本応用地質学会「土砂災害の軽減に向けて一大規模斜面変動の前兆と評価」シンポジウム予稿集, pp.43-48, 2014.