

2013 年台風 26 号による伊豆大島での土砂移動の影響範囲

静岡大学大学院農学研究科 ○今泉文寿・逢坂興宏
 新潟大学農学部 権田 豊
 京都大学防災研究所 堤 大三・宮田秀介
 京都大学大学院農学研究科 中谷加奈
 九州大学大学院農学研究院 篠原慶規
 信州大学農学部 福山泰治郎

1. はじめに

2013 年 10 月 16 日、伊豆大島では台風 26 号によりもたらされた豪雨により崩壊・土石流が発生し、元町地区周辺において死者 36 人、行方不明者 3 人（2014 年 1 月 31 日時点）にのぼる甚大な土砂災害が発生した。著者は砂防・地すべり技術センター受託研究により大規模土砂移動の発生範囲と到達範囲の両者を含む「影響範囲」の予測手法、およびハード・ソフト対策を統合した総合土砂対策手法の構築に向けた研究活動を行っている。本研究ではその一環として、伊豆大島での土砂災害を対象として現地調査・解析を行い、火山地域における大規模土砂移動の影響範囲を予測していく上での課題、および総合土砂対策手法の構築に向けた課題を議論した。

2. 伊豆大島土砂災害の特徴

2. 1 伊豆大島内での降水分布の特徴

伊豆大島では、気象庁により 2 地点、東京都により 5 地点で雨量観測が行われていた（図-1）。降雨パターンは地点間で大きな差はないが、降水量に差があり、大島（気象庁）では突出して累積降水量が多かった（824mm）。気象庁レーダーアメダス解析雨量では島の西側、北東側で降雨が多い傾向が見られた。

2. 2 斜面崩壊の特徴

崩壊現場における現地調査等から、伊豆大島土砂災害において発生した斜面崩壊には以下の 4 つの特徴がみられることがわかった。

1) 浅い表層崩壊 崩壊地内の周囲 21 箇所において崩壊深の調査を行ったところ、平均が 0.92m、であり、浅い表層崩壊であったと結論づけられる。

2) 火山地域特有の土層構造 崩壊地の地質構造の観察、および簡易貫入試験の結果、上位から土壤層、テフラ層、レス層・スコリア層、玄武岩層という土層構造が広く分布していた。すべり面はテフラ層境界付近に位置していた。簡易雨水浸透モデル（平松・尾藤，2001）および無限長斜面安定解析（すべり面 1m，斜面勾配 30°）を行った結果、安全率は 10 月 16 日午前 3 時に最低値（1.30）に達した。これは、地震計による振動の記録とおおむね一致した。

3) 植生が密生した斜面 ヒサカキ、ヤブニッケイなどの照葉樹が株立ちで密度高く生育している。しかし根系は地表付近に集中し、すべり面付近においてアンカーとして寄与した根系量は少なかった。

4) 崩壊した斜面と道路が交錯して存在 今回の災害では集水域に道路（御神火スカイライン）が含まれていた（図-1）。道路による水の集中および流域界を超えた水移動に着目して現地踏査を行った結果、道路において表流水が集中するような地形はみられず、多くは崩壊源頭部から 500m 以上離れていたことから、道路による斜面崩壊発生への直接的な影響は限定的と考えられた。また、調査対象地の道路を横切る排水路のうち約半数で土砂および流木により閉塞し、流入水は道路表面に供給されたと考えられた。このような迂回流は排水路方向（斜面下流）ではなく道路面を流下し、本来想定されていない斜面もしくは谷筋に流入した可能性がある。

2. 3 土砂移動の特徴

土石流は崩壊土砂が多量の水を含んで流動化して発生したものであり、規模が極めて大きかった。土石流は、火

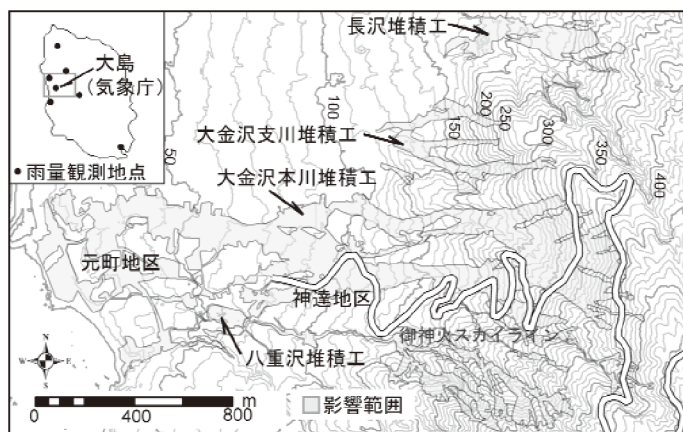


図-1 伊豆大島元町周辺における土砂移動の影響範囲

山麓特有の緩い尾根や未発達地形によって、流れが複数の方向へ分流・合流を繰り返して流下したと推測される。崩壊に伴い流木化した立木とともに、土石流の流下によって巻き込まれた立木が流木となって多量に流下した。この流木が合わさったことにより家屋等への被害が甚大となった。また流木が暗渠や橋梁を閉塞し、氾濫範囲を拡大させるとともに、水や土砂の流下方向を変えて被害を大きくした。下流の元町地区で被害が大きかったのは、流路沿いで閉塞した橋脚付近に位置する家屋であった。また、流路沿いは周囲と比較して地盤高が低かった。閉塞した橋脚から溢れた水・土砂は、流路の横断方向にも、特に右岸側へ道路沿いに移動した。流木は、あまり横断方向へは移動せず、流路沿いで停止していることが確認された。

3. 影響範囲の予測と総合対策手法の構築に向けた課題

3. 1 影響範囲の予測に向けた課題

影響範囲の予測のためには斜面崩壊による土砂生産から流動化、土石流の流下・氾濫・堆積までを連続させる必要がある。そのためには土石流の到達範囲予測に必要な水のハイドログラフを得る必要がある。また崩壊予測においては発生地点だけではなく、タイミングや土砂量についても推定しなければならない。これらを達成するには数値シミュレーションを用いる必要であり、また斜面単位でなく小流域単位での解析を行う必要がある。これまでに提案されている斜面規模での解析手法（飽和・不飽和浸透解析/斜面安定解析）を流域全体に適用するのは困難であり、またブロック集合モデルでは斜面崩壊の規模や深さを解析することが困難である。本研究ではこれらを克服するため、stream tube (Wu and Sidle, 1995) を活用した水文解析・斜面安定解析により、崩壊土砂量やハイドログラフを推定する予定である。それに合わせて道路による斜面の分断や水移動の解析手法についても検討したい。

土砂移動による被害範囲の推定には、土石流数値シミュレーションが有効である。しかし、伊豆大島土砂災害を調査した結果、これまでの災害と異なる課題が浮かび上がった。まず火山地域特有の凹凸が多い地形であるために流域が細かく分かれており、石礫型土石流と比較して発生・流動域の一次元計算領域と氾濫・堆積域の二次元計算領域を明瞭に区別することが難しい。また単一の溪流で発生して一方向に流下するのではなく、複数の溪流から土砂移動が発生し、複数の方向へ分流・合流しながら流下した。これまで下流の橋脚や家屋、道路等について検討されることが少なかったが、今回の災害では、橋脚で流木が閉塞したことで水や土砂の流下方向が変化した。また、上流の神達地区では流出した家屋が多いが、下流の元町地区では一階は被害を受けても二階は被害の殆ど見受けられない家が多く見られ、家屋の被害状況が場所により異なった。火山地域における大規模土砂移動を検討する際には、今後このような点を考慮した数値シミュレーションシステムを提案して適用する必要がある。

3. 2 総合対策手法の構築に向けた課題

過去の災害では、土石流対策の不透過型・透過型の砂防堰堤が土砂や流木を捕捉した（機能を発揮した）という事例が多く報告されている。伊豆大島土砂災害の際も、大金沢右支川や長沢の堆砂工は、土砂や流木を捕捉し下流への流出を防いだ。これらの事例は、ハード対策が効果的であることを示している。しかしハード対策にも限界が存在する。例えば、流下してきた土砂・流木の容量が砂防堰堤のポケットの容量よりも著しく大きな場合は、堰堤で土砂を止めきれない。今回八重沢堆積工では、堰堤が土石流の先頭部の巨礫や流木の捕捉に成功したが、土石流に含まれてきた細粒土砂が、堰堤を越えて流下した。このような流下は、河川の河積の減少、あるいは橋梁等での河道閉塞に伴う洪水氾濫につながる可能性がある。大金沢左支川では、流路を外れ砂防施設の配置されていない隣接する流域へ流出した。このような土石流の「想定外」の挙動に対しては砂防施設では対応することが出来ない。

近年、目につくようになった「計画規模を越えるような豪雨」が生ずる土砂災害を防ぐためには、公共事業費が減少傾向にある現状を踏まえると、ハード対策の計画規模は現状程度にとどめ、ハード対策では防ぎきれない土砂災害については、ソフト対策でカバーすることが不可欠であろう。そのためには、「計画規模を越えるような豪雨」の際に生ずる土砂移動が発生する場所や規模、その影響範囲をある程度予測できるようになることが必要である。また、現状のハード対策では、十分に対応しきれない流木や細粒土砂の流下・橋梁部等での河道の閉塞については、ハード対策の改善をはかるとともに、流木や細粒土砂による河道の閉塞による洪水氾濫を考慮してハザードマップを作成するなど、ソフト対策により被害の軽減を図る必要があるだろう。

謝辞 本研究は（一財）砂防・地すべり技術センター受託研究「大規模土砂移動の影響範囲の予測とその対応手法の整理」、科研費特別研究促進費（25900002）、河川財団河川整備助成金の助成を受けた。調査にあたっては東京都大島支庁、大島町役場他関係機関よりご協力をいただいた。ここに付記して感謝するとともに、被災地の一日も早い復興を記念する次第である。

引用文献 平松・尾藤（2001）砂防学会誌，54(4)，12-21；Wu and Sidle(1995) Water Resources Research 31(8)，2097-2110