

兵庫県箇所別土砂災害危険度予測システムの活用に向けた取り組み —六甲山系谷頭凹地における土砂移動メカニズムの推定—

神戸市立工業高等専門学校○鳥居 宣之
一般財団法人建設工学研究所 沖村 孝・中川 渉
原口 勝則・鏡原 聖史
兵庫県神戸県民センター神戸土木事務所公園砂防課 村田 貴幸
兵庫県県土整備部土木局砂防課 石田 博彰

1. はじめに

近年、時間雨量 80mm を超える強雨によって崩壊を伴う土砂災害が多く発生している。六甲山系では平成 26 年台風 11 号の豪雨によって崩壊が多数発生した。この際発生した崩壊の特徴は、南向きの凹形谷型斜面で最も多く、次に凸形尾根型斜面で多く発生し、いずれも長距離を流動化したことが報告¹⁾されている。

兵庫県では、平成 24 年 4 月にリアルタイム型のハザードマップシステムである箇所別土砂災害危険度予測システムを表六甲山系で運用を開始して以降、県内各市町への導入促進に取り組んでいるが、精度を向上させるためには、表面流や溪流の流水などによる浸食メカニズムへの対応が課題として求められている²⁾。

本報告では、上記課題に対応するため、凹形谷型斜面（谷頭凹地）で発生した崩壊を対象に、発生場所の特徴を整理するとともに、崩壊発生場の抽出方法ならびにハザードシステムの計算結果を基に崩壊メカニズムの推定を行った。

2. 谷頭凹地における崩壊発生場の特徴と抽出条件

植田ら³⁾は、谷頭凹地における崩壊発生箇所について、集水域と地形の凹凸量を組み合わせることで発生場の抽出が可能であると報告している。本報告では、植田ら³⁾が抽出した谷頭凹地における土砂の堆積状況や地形量（10mDEM）に基づき、さらに発生場の絞り込みを行った。まず、崩壊が発生した谷頭凹地の地形判読を行い、谷頭凹地と崩壊発生場所（滑落崖位置）を整理した。その結果、谷頭凹地内の堆積物が崩壊しているタイプ（以降、すべり型）と谷頭凹地の下流部の堆積物が浸食されているタイプ（以降、浸食型）の 2 タイプが確認できた。さらに地形量（ラプシアンや地表面傾斜）を分析した結果、いずれのタイプとも流域面積 2200 から 2800m²程度、ラプシアン値 5 以上が流域面積に占める割合が 29%、谷頭凹地出口におけるラプシアン値が 9 以上の場所であった。この特徴は、流域面積が小さく、流域面積の 3 割程度が明瞭な凹地で、さらに出口部分が狭窄している地形的な特徴があると言える。つぎに、すべり型は、谷頭凹地出口の堆積物が分布する傾斜がゆるい（30 度以下）特徴があり、浸食型は、谷頭凹地出口の堆積物が分布する傾斜が急（30 度より急）な特徴がある。

以上の特徴から、谷頭凹地の抽出条件を表 1 に示した。ここで、抽出条件に関連する内容や後述する計算結果の整理対象セルを図 1 に示した。この条件で谷頭凹地（すべり型、浸食型）を抽出した結果を図 2 に示す。図 2 に示すように水系網上流にある谷頭凹地において、すべり型、浸食型の発生しやすい流域が抽出された。抽出された谷頭凹地では崩壊非発生箇所も多く抽出されているが、崩壊発生、流動化している箇所が含まれている。なお、崩壊の発生と非発生の違いについては、堆積していた土層厚や実際の降雨状況、植生状況等の違いがあったものと推察されるが、詳細な分析が出来ていないため、今後の課題としたい。また、谷頭凹地以外の谷壁斜面では、小規模な崩壊が発生しているが、谷頭凹地における崩壊に比べ、谷壁斜面で集水性が低いことから流下距離が短い特徴が見て取れる。さらに溪流の流水によって侵食された水系網内の土砂移動（図中の崩壊赤破線）も確認できる。

3. 谷頭凹地における土砂移動メカニズムの推定

抽出された谷頭凹地（すべり型）における土砂移動メカニズムを考えるため、災害発生降雨を入力したハザードマップシステムのシミュレーション結果を整理した。検討着目箇所は、図 1 に示した崩壊が発生した谷頭凹地内の出口とその上流、下流のセル（10m×10m）とした。図 3(a)は、対象地における解析雨量で、ハザードシステムに入力した降雨（1 時間）

表 1 谷頭凹地の抽出条件

崩壊タイプ	流域 (m ²)	流域内にラプシアン 5 以上の面積割合 (%)	谷頭凹地出口のラプシアン	谷頭凹地出口の傾斜 (10mDEM)
すべり型	2800以下	29	9	30度以下
浸食型				30度より大きい

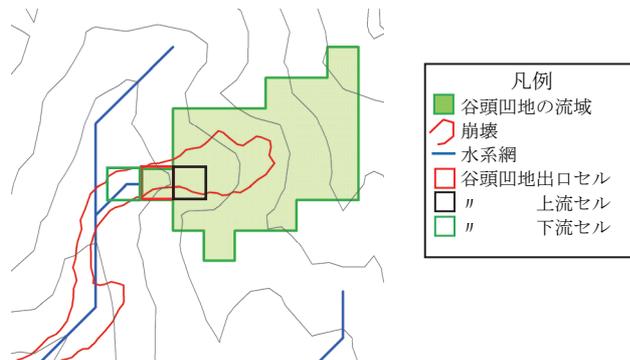


図 1 谷頭凹地の抽出箇所（すべり型の事例）

を示している。なお、計算は30分ごとに実施している。図3(b)は、モデルのセル中心標高と計算で求められた計算基盤からの仮想水位⁴⁾を示している。ここで、凡例に示す添字Uが上流側セル、Cが谷頭凹地出口セル、Dが下流側セルを示している。この図から時間雨量が大きい時刻にすべてのセルで水位が増大している状況が読み取れ、上流ほどその変化が大きい。つぎに、各セルの地表面以上の仮想水位を過剰間隙水圧とみなして、その変化を図3(c)のように整理した。この図から豪雨時に地下水水位が集中し、谷頭凹地出口周辺のセルで過剰間隙水圧が増大していたと考えられる。このことから、谷頭凹地におけるすべり型崩壊は、強雨によって、谷頭凹地の堆積物が分布する傾斜がゆるい箇所、急激に水が集まり、地下水水位が急激に増大、その水圧によって、飽和状態の堆積物がすべり崩壊し、一気に下流へ流動、長距離流下するメカニズムであると考えられる。一方、浸食型は、谷頭凹地内の堆積物が分布する傾斜が急であり、谷頭凹地の下流の水系沿いにも堆積物が分布している条件下で、強雨によって谷頭凹地に降った降雨が一気に谷頭凹地の下流に流出することによって、谷頭凹地の下流に堆積した土砂を浸食し、長距離流動化するメカニズムであると考えられる。

以上の考察から、図4に谷頭凹地の堆積環境イメージを示した。図4(a)に示すようにすべり型は、谷頭凹地の堆積物が分布する傾斜が30度以下で、その下流に遷急点がある場所で発生しやすい。一方、浸食型は、谷頭凹地内の堆積物が分布する傾斜が30度以上と急で、その下流に遷緩点がある場所で発生しやすい(図4(b))と考えられる。ここで、谷頭凹地内の堆積物の傾斜角は、堆積物の安息角と関係があるものと考えられ、地形解析事例から花崗岩(マサ土)の場合、30度がその閾値となると推察している。

4. おわりに

凹形谷型斜面で発生した崩壊を対象に、発生場所の特徴を整理するとともに、崩壊発生場の抽出方法ならびにハザードシステムの計算結果を基に崩壊メカニズムの推定を行った。今後、他の地域に適用し、谷頭凹地の抽出方法の適用性について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 鏡原ら:近年の強雨による斜面崩壊の発生メカニズムに関する一考察, P37-56,建設工学研究所論文報告集,2016.
- 2) 沖村ら:土砂災害リアルタイムハザードシステムの活用に向けた取り組み~平成26年度に発生した土砂災害による検証~,平成27年度砂防学会研究発表概要集,2015.
- 3) 植田ら:流動化した崩壊箇所の特徴と発生場の抽出方法-兵庫県箇所別土砂災害危険度予測システムの精度向上に向けて-,平成29年度砂防学会研究発表会概要集,2017.
- 4) 沖村ら:表層崩壊リアルタイムハザードシステムの構築に際して生じた課題と対策(7),建設工学研究所論文報告集,第58号,pp.43-57,2016.

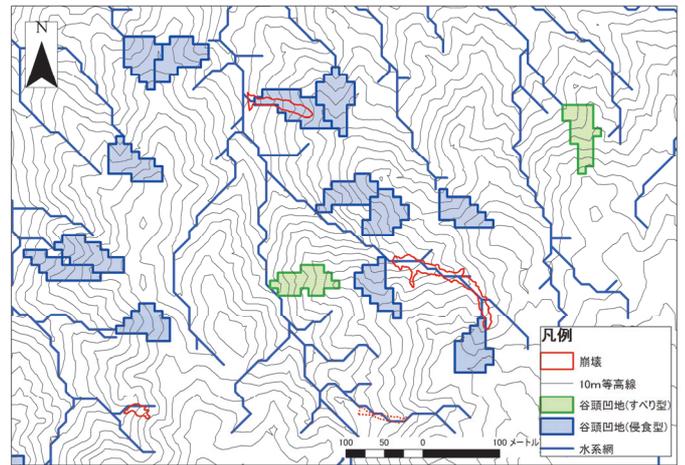


図2 谷頭凹地の抽出結果

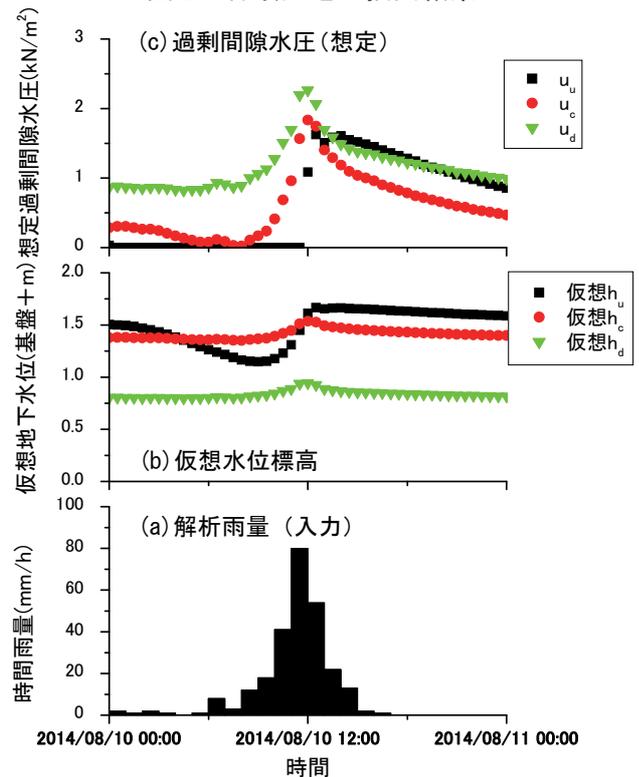


図3 谷頭凹地内における計算結果(すべり型)

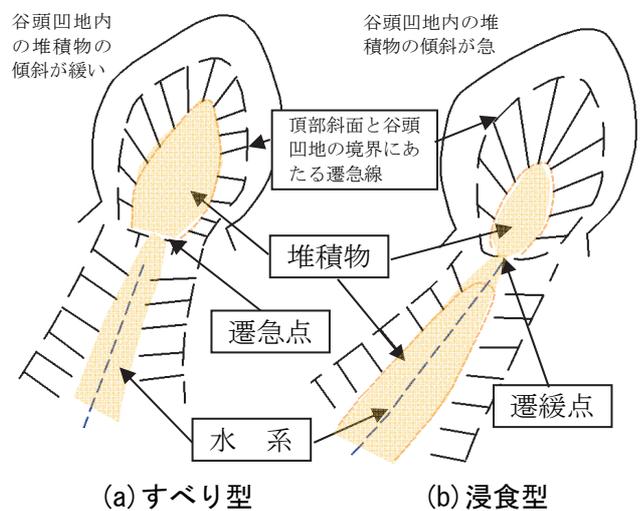


図4 谷頭凹地の抽出箇所