D210

地震および豪雨による斜面災害発生個所の事前予測方法の統合%

Integration of prediction methods for initiation points of geohazards by earthquakes and intense rainfalls.

〇齊藤隆志
〇Takashi SAITO

To predict the location of landslides triggered by intense rains and earthquakes, a landslide hazard prediction map (Patent No. 7153330) was used for landslides, slope failures, and debris flows based on observation of the phenomena and comparison of before and after events. This basic landslide hazard prediction map can visually represent landforms in a way that is easy to understand using a 1m (50cm)-LiDAR DEM. The application of this method to several disaster cases revealed that even if the external forces are different between heavy rain and earthquakes, there are common topographical features at the trigger points of the phenomena. Using this map, it is possible to identify the locations where sediment transport occurs, which are the trigger points of landslide disasters. Next, heavy rain and earthquakes with different external forces are examined. Models of the geohazard phenomena that trigger each landmass movement are presented in conjunction with the common topographic features.

１．はじめに

豪雨と地震により引き起こされる土砂災害の端緒の位置予測のために，地すべり，崩壊，土石流の土砂災害に土砂災害予測基本図（特許番号：7153330 号）を用いて，現象の観察を基本として事象の前後の比較を行った．この土砂災害予測基本図は，1m(50cm)-LiDAR DEM を用い視覚的に地形を理解しやすく表現することが可能である．いくつかの災害事例にこの手法を適用した結果，豪雨と地震と外力が異なっても，現象の端緒となる箇所には共通する地形的特徴があることが判明した．この図を用いて，土砂災害の端緒となる土砂移動を起こす箇所の特定が可能となることを示す．次に，豪雨・地震と異なる外力の場合の検討をし，共通の地形的特徴と合わせて，それぞれの土塊移動の端緒となる破壊現象のモデルを示す．

２．土砂災害の端緒となる箇所の地形的特徴

豪雨の場合，いわゆる侵食前線の最先端である遷急点に隣接する谷頭部や遷急線として認められる段差の連続する箇所がその破壊の端緒となることが多くの事例で認められた．土砂災害予測基本図では，まず斜面の侵食量を算出しその傾斜量を得る．そのため，この遷急点あるいは遷急線が侵食のおよんでいる部分の境界部が視覚的に明瞭に認識されることになる．この部分は，谷の落水線上の段差として表現され，この段差の大きさも落水線に沿った河道縦断図から比較することが可能である．また，この谷を通過する落水線の集中が豪雨の場合の重要な特徴で，これも落水線に沿った上流域面積の急激な増加すなわち落水線の合流から得られる．加えて上部斜面の集水域に浸透能の低い岩石の露出あるいは土層が薄い場合には崩壊の端緒となると考えられ，広島市安佐南区の土石流の発生域の斑状流紋岩の岩脈でそれに相当する．さらに，この段差（谷頭部の境界部）の周辺の傾斜が大きいことにより崩壊が生じやすい傾向がある．この 3 つの量を三軸とし，それぞれの箇所の量をプロットし，原点からの距離を比較することでその危険度の順序付けが可能と考えられる．

地震の場合，谷地形をしているかはそれほど重要ではなく，斜面下方に土層あるいは斜面を支持する構造のない箇所の崩壊が多く，これは豪雨の場合と同様に段差として認識可能で土砂災害基本図でも検出が容易な箇所である．地震前後の地表変位検出は，2016 年熊本地震の阿蘇カルデラ周辺を対象として実施したので，その例を示す．当初，地震波の伝搬によってその地点の卓越する振動方向との関係を重視していたが，地表変位が傾斜の下方すなわち斜面下方に認められることから考察した変位出現，破壊出現のモデルを示す．この段

差周辺に谷による侵食が斜面の傾斜方向にある場合の段差付近，谷内の土層のうすい箇所，段差よりも斜面上方の箇所の振動の比較を観測した例も示す.

３．豪雨と地震が破壊の端緒となる箇所に加わる外力となる現象の評価（いわゆる誘因の評価）

豪雨の場合，これまでは地表面に到達する雨水は鉛直に浸透し降雨が継続すると側方浸透が卓越し透水性の差により基岩と考えられる面上に飽和帯が形成され間隙水圧が生じて土層がその面上からすべり崩壊が発生すると考え，安全率を評価する手法が用いられる場合が多い．しかし，崩壊の端緒となる箇所の地形的特徴から，高橋（1977）や奥西ほか（1991）が示すように，表面流が発生する場合には，土層内に十分な飽和帯が発達しなくてもその個所で破壊が起こることが考えられ，その破壊が斜面上方に伝搬することで斜面崩壊や土石流の端緒となる場合があると考えられる.

地震の場合，これまでの検討と観測では十分ではないので，継続検討課題とする.

４．Okimura（1994）のモデル

崩壊，地すべり，土石流の端緒となる土塊の位置には，豪雨の場合，谷頭部の斜面下方に侵食域が存在，地震の場合は，斜面下方に支持する構造がないという共通した地形的特徴があった．Okimura(1994)は,斜面上の土層をコラムとしてその力学的均衡を説明している．このモデルで，斜面上下縦断方向と谷の横断方向の図で，あるコラムが欠損している場合が土塊あるいは土砂の移動の端緒となる箇所であると考えられる.すなわち,この箇所は,Okimura(1994)のモデルの力学的均衡を満たしていない部分であると考えることができる．しかし，このモデルでも，あらかじめすべり面が想定されていることは，実際の現象を表現するか，検討が必要である．すなわち，土塊あるいは土砂が移動を開始すると，土層コラムの欠損していた部分では，局所的な破壊が生じることによって土層コラムの新たな欠損・破壊が生じる．すべり面となるような弱面が連続して存在する場合などを除いて，次の土層コラムの破壊深さは隣接する土層コラム間の力学的均衡によって短時間で決定されると考えられる.この面は,崩壊後に我々が観察するいわゆるすべり面とは異なり，上部斜面にあった土塊が通過するときに取り込む(entrain)か,堆積した面を見ていることから推定は実際には難しいと考える.

５．今後の課題

土砂災害被害の軽減には，その発生位置予測のみならず，発生時刻と被害の及ぶ範囲を明らかにすることが求められている．その解決を図るために，予測された端緒となる箇所の土層内飽和帯の拡大状況（土層内水位）と表面流発生の有無（谷内表面流水位),土塊の移動検知センサを組み込み,5 分単位でネットワークで知るリアルタイムシステムは開発済みでその例も示す．また，被害の及ぶ範囲のシミュレーションは，iRIC などでの試算が考えられる．適用に際して，侵食深の想定に課題があると考えられる広島市安佐南区の土石流の例について，時間があればふれる.

６．謝辞

使用した詳細数値地形図は，熊本県砂防部および建設省各地方整備局より提供されたものである．記して，謝意を表する.

本研究は、東京大学地震研究所・京都大学防災研究所､拠点間連携共同研究 プログラムの援助を受けました。記して，謝意を表する.

参考文献：

髙橋(1977),土石流の発生と流動に関する研究,京都大学防災研究所年報,第20号B-2 ,pp.438-460.

奥西ほか(1991)，比良山地大谷川流域源流部における侵食過程とそれに関する微地形，京都大学防災研究所年報，第 34 号 B-1 ，pp.127-138.

Okimura (1994）, Prediction of the shape of a shallow failure on a mountain slope: The three-dimensional multi-planar sliding surface method, Geomorphology, Vol. 9-3, pp.223-233.