

1. はじめに

わが国では毎年 500~1500 件程度の土砂災害が発生し、地球温暖化により斜面崩壊の危険性が高まるのではないかと懸念されている。例えば、規模の大きな降雨が発生すれば発生回数や規模等が変化する。また、雨域が拡大すれば流域内で同時多発的に斜面崩壊が発生し、複合的な土砂災害が発生する可能性がある。これらの被害を防ぐためには従来のハード対策だけではなく、警戒避難や危険箇所抽出等のソフト対策が重要となる。そのためには、いつ、どこで、どのような斜面崩壊が発生するのか正確に予測しなければならない。

そこで本研究では、まず、個々の斜面を対象に、表層面勾配の変化が斜面崩壊に与える影響について検討した。次に、実流域を対象に斜面崩壊危険度評価を行い、有効な警戒避難のあり方を検討した。

2. 数値シミュレーション方法

2.1 降雨浸透解析

降雨浸透に伴う斜面土層内の土壌水分および地下水位の変化を検討するため、降雨浸透解析を行った。浸透解析の基礎式は Richards 式であり、有限要素法により解いた。

2.2 斜面安定解析

降雨浸透解析から得られた斜面土層内の圧力水頭分布を入力値として、斜面安定解析を行った。斜面安定解析法としては、任意のすべり面形状に対応できる簡易 Janbu 法を採用し、臨界すべり面を動的計画法 (DP 法) により決定した。

3. 表層面勾配の変化が斜面崩壊に与える影響

表層面勾配の変化が斜面崩壊に与える影響を検討するため、大分県竹田市瀬ノ口地区の崩壊斜面を対象に、表層面勾配を 8 段階に変化させた斜面を用いて解析を行った。なお、基岩面勾配は表層面勾配に関わらず一定である。また、入力降雨は、降雨強度 10 mm/hr から 100 mm/hr まで 10 mm/hr ごとに増加させた一定降雨強度の降雨である。解析条件は参考文献に示す¹⁾。

図-1 に表層面勾配を変化させた場合の降雨強度と崩壊発生時の土層内水分量の関係を示す。図-1 より、表層面勾配が緩やかになるほど、崩壊発生時の土層内水分量が少なくなることが分かる。これは、斜面土層の体積減少に伴い、含有できる水分量が減少するためであると考えられる。また、個々の斜面の崩壊発生時の

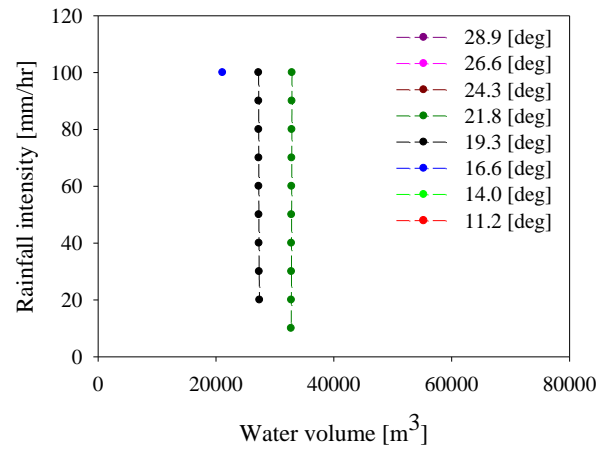


図-1 降雨強度と土層内水分量の関係
(表層面勾配を変化させた場合)

土層内水分量に着目すると、降雨強度に関わらず、ほぼ一定値で崩壊が発生することが分かる。これは、対象斜面の地質、地形が関係していると考えられる。つまり、対象斜面の土壌の保水性が非常に高く、下流端に向かうほど土層が薄くなる形状をしており、降雨が流出しにくいためと考えられる。そのため、降雨強度の異なる降雨を与えた場合でも、崩壊が発生する土層内水分量に達するまでの時間は変化するものの、すべり面が通過する下流端付近に飽和帯が形成されることには変わりはない。このため、崩壊発生時の土層内水分量がほぼ一定値となると考えられる。以上より、個々の斜面には固有の崩壊発生時の土層内水分量が存在し、土層内水分量を指標にした斜面崩壊危険度評価が可能であると考えられる。

4. 流域内の斜面崩壊危険度評価

大分県竹田市に位置する緒方川流域を対象に斜面崩壊危険度評価を行う。図-2 に対象流域と対象斜面を示す。なお、対象斜面の基岩面勾配は瀬ノ口地区と同一であると仮定した。また、入力降雨は 3 ケースあり、Case1 は 2005 年台風 14 号の降雨、Case2, 3 は Case1 の継続時間、降雨強度をそれぞれ 3 倍にした降雨である。対象斜面の抽出法や解析条件は参考文献に示す¹⁾。

4.1 流域内の斜面崩壊危険度の変化

Case1 から Case3 の降雨を与えた場合、流域内の斜面崩壊危険度がどのように変化するか検討を行った。

Case1 の降雨を与えた場合には流域内で崩壊は発生しない。一方、Case2, 3 の降雨を与えた場合には流域内で崩壊が発生する。表-1, 2 に Case2, 3 の降雨を与え

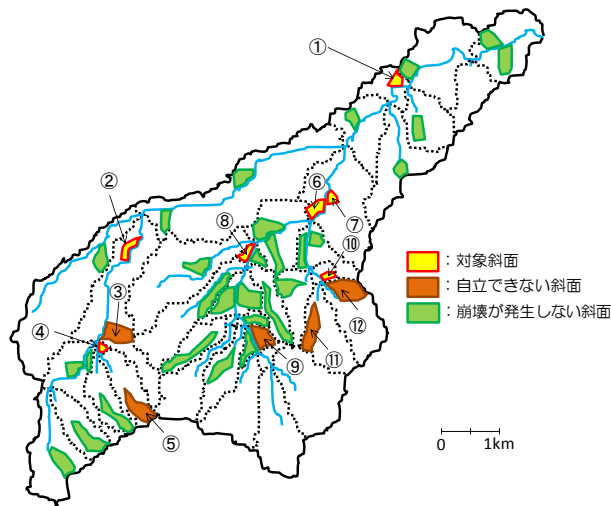


図-2 対象流域と対象斜面

表-1 斜面崩壊発生時刻と発生規模 (Case2)

Slope No.	Time of occurrence [min]	Sediment volume [m ³]
6	9711	16.0 × 10 ⁶
2	9974	23.5 × 10 ⁶
4	10050	4.71 × 10 ⁶
10	10400	2.19 × 10 ⁶

表-2 斜面崩壊発生時刻と発生規模 (Case3)

Slope No.	Time of occurrence [min]	Sediment volume [m ³]
6	3147	3.72 × 10 ⁶
4	3185	2.27 × 10 ⁶
2	3208	8.03 × 10 ⁶
10	3296	1.49 × 10 ⁶
1	3454	6.92 × 10 ⁶
7	3494	4.17 × 10 ⁶

た場合の流域内の斜面崩壊発生時刻と発生規模を示す。表-1より、Case2の場合には流域内の4つの斜面で崩壊が発生する。この時、斜面⑥で崩壊が発生し、その後、斜面②、④、⑩の順に崩壊する。最初の崩壊から最後の崩壊が発生するまでの時間は689分である。なお、流域内から生産される土砂量は46.4 × 10⁶ m³である。また、表-2より、Case3の場合には流域内の6つの斜面で崩壊が発生する。この時、斜面⑥で崩壊が発生し、その後、斜面④、②、⑩、①、⑦の順に崩壊する。最初の崩壊から最後の崩壊が発生するまでの時間は346分である。なお、流域内から生産される土砂量は26.6 × 10⁶ m³である。

図-3に斜面⑥の土層内水分量の変化と斜面安定解析から得られた崩壊形状を示す。なお、土層内水分量の実線部分は斜面安定解析で $F_s > 1$ (崩壊発生前) と計算された区間であり、破線部分は $F_s \leq 1$ (崩壊発生後) と計算された区間である。また、CL (predicted) は表層面勾配や斜面長を変化させた場合の解析結果¹⁾をも

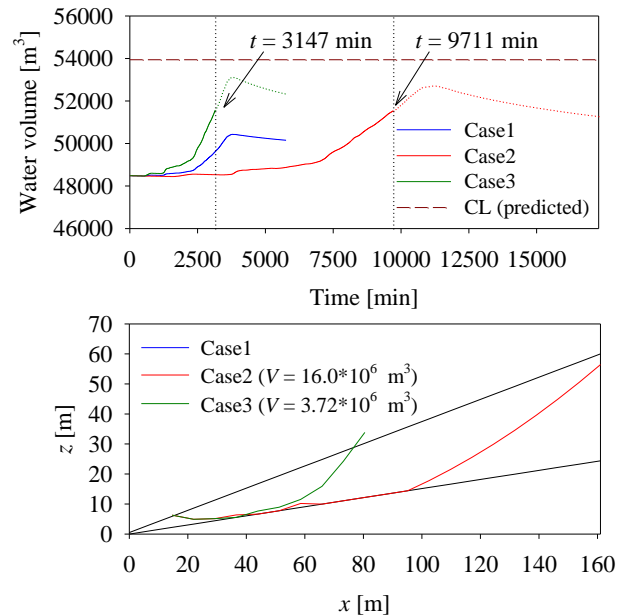


図-3 斜面⑥の土層内水分量と崩壊形状

とに推定した崩壊発生時の土層内水分量である。図-3から分かるように、Case2, 3の場合には入力降雨に関わらず土層内水分量がほぼ一定値で崩壊が発生している。しかし、CL (predicted) には到達していない。他の斜面でも同様の結果となり、両者の差は1000から2500 m³であり、土層全体の1%から8%程度である。

4.2 有効な警戒避難のあり方

4.1より、Case2, 3の場合には、総降雨量が等しいにも関わらず、流域内で発生する斜面崩壊現象が大きく異なることが分かる。Case2のように降雨強度が非常に低い降雨の場合には、降雨開始から長時間経過後に流域内の一部の斜面で大規模な崩壊が発生する。そのため、流域内の安全な場所へ避難することが重要となる。一方、Case3のように降雨強度が非常に高い降雨の場合には、降雨開始から崩壊発生までの時間が短く、流域内で小規模な崩壊が同時多発的に発生する。そのため、降雨予測等を利用して早期に斜面崩壊の危険性を把握し、流域外へ非難することも検討する必要がある。

5. おわりに

本研究では、土層内水分量に着目した斜面崩壊危険度評価を行った。その中で、個々の斜面にはそれぞれ固有の崩壊発生時の土層内水分量が存在することが明らかとなった。崩壊発生時の土層内水分量の推定精度を向上させる必要があるが、それらを精度良く推定することができれば、流域内で発生する斜面崩壊の場所や時刻、規模などを正確に予測することが可能である。

参考文献

- 1) 大塩清太郎:流域における斜面崩壊危険度評価に関する研究, 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻修士論文, 2010.