

先行降雨が地震時斜面崩壊の発生場に及ぼす影響の検討

中電技術コンサルタント株式会社 ○秦雅之, 平尾暢美, 池田寛, 一松晃弘  
 国土交通省国土技術政策総合研究所 桜井亘, 内田太郎, 高原晃宙\*1, 萬徳昌昭\*2  
 (※1: 現 国土交通省水管理・国土保全局砂防部、※2: 現 国土交通省関東地方整備局富士川砂防事務所)

1. はじめに

地震による山腹斜面の崩壊危険度を評価するため、国土交通省国土技術政策総合研究所では、平成7年兵庫県南部地震によって斜面崩壊が多発した六甲山地を対象として検討を行い、地震時の斜面崩壊危険度の評価手法を開発している<sup>1)</sup>。しかしながら、目下先行降雨やそれに起因する土壌水分が地震時の斜面崩壊に与える影響が明らかになっていないため、同手法では先行降雨の影響について考慮されていない。

以上の状況を踏まえ、本検討は、既往の地震時の斜面崩壊事例を対象に土壌水分に影響を及ぼしうる因子(先行降雨量、集水面積)と実績崩壊面積率の関係を整理・分析し、先行降雨が地震時斜面崩壊の発生場に及ぼす影響を検討したものである。

2. 検討方法

(1) 土壌水分影響因子と実績崩壊面積率の関係の整理

既往の地震時斜面崩壊事例のうち、先行降雨量が少なく地盤が比較的乾燥した状態で斜面崩壊が発生した岩手・宮城内陸地震(平成20年)と先行降雨量が多く地盤が比較的湿潤な状態で斜面崩壊が発生した新潟県中越地震(平成16年)の2地震を対象として、地震発生時の土壌水分に影響を及ぼしうる因子(先行降雨量、集水面積)と実績崩壊面積率の関係を整理・分析した(図-1)。ここでは、対象領域を10mメッシュで分割し、メッシュの重心が崩壊地ポリゴン内にある場合に当該メッシュを崩壊メッシュとして崩壊面積率(全メッシュ数に対する崩壊メッシュ数の割合)を算出した。なお、当該2地震については、融雪の影響がほとんど無いこと、崩壊地分布域の主要な地質(第三紀堆積岩類)が同様であることを確認し、先行降雨の違いが地震時斜面崩壊に与える影響を評価した。

また、地震時の斜面崩壊に斜面勾配、地震動(最大加速度)が大きく寄与していることは、既往研究<sup>1)</sup>により明らかであるため、一定の斜面勾配・最大加速度毎に、土壌水分影響因子と崩壊面積率の関係を分析し、先行降雨が地震時斜面崩壊に及ぼす影響を検討した(図-2)。

(2) 土壌水分影響因子と地震時斜面崩壊危険度の関係の整理

先行降雨量が多く地盤が比較的湿潤な状態で斜面崩壊が発生した新潟県中越地震を対象として、検討対象の各10mメッシュについて、内田ら(2004)の手法<sup>1)</sup>に基づき、地震時斜面崩壊危険度(判別得点)を算出した。判別得点Fの算出に用いた式は、以下のとおりである。

$$F = 0.075 \times [\text{勾配}(\text{°})] - 8.9 \times [\text{平均曲率}] + 0.0056 \times [\text{最大加速度}(\text{cm/s}^2)] - 3.2$$

上式により算出した地震時斜面崩壊危険度と、メッシュごとの土壌水分影響因子(先行降雨量、集水面積)、実績崩壊面積率の関係を整理し、地震時の斜面崩壊危険度評価に先行降雨の影響を考慮する必要があるか否か確認した(図-3, 図-4)。

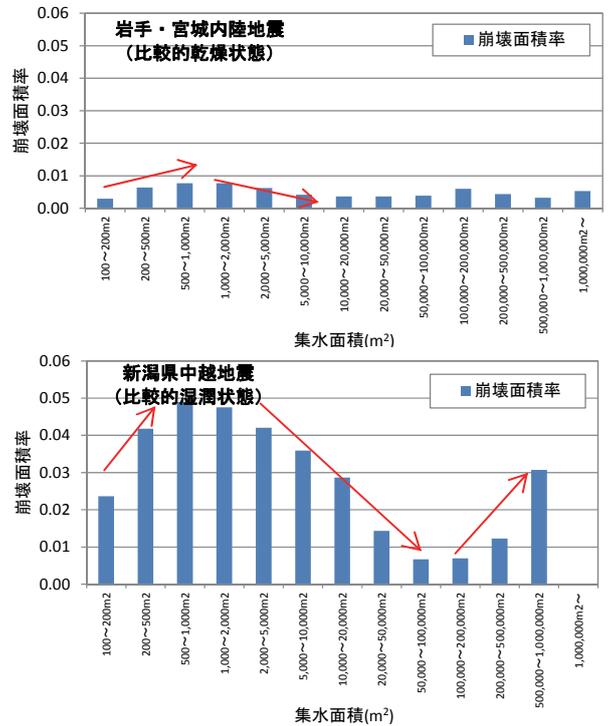


図-1 集水面積と実績崩壊面積率の関係

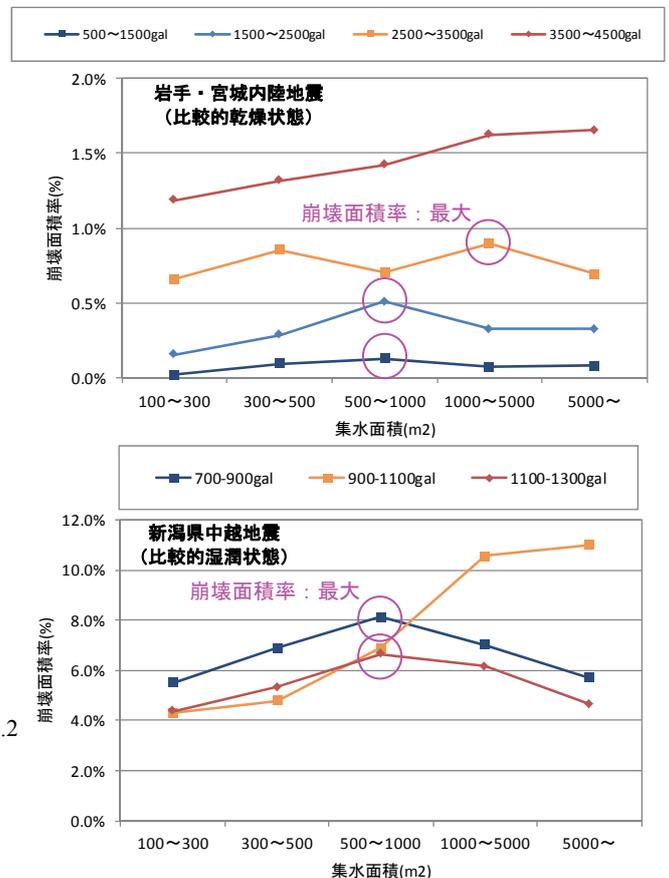


図-2 集水面積と実績崩壊面積率の関係(最大加速度別, 斜面勾配30~40°の事例)

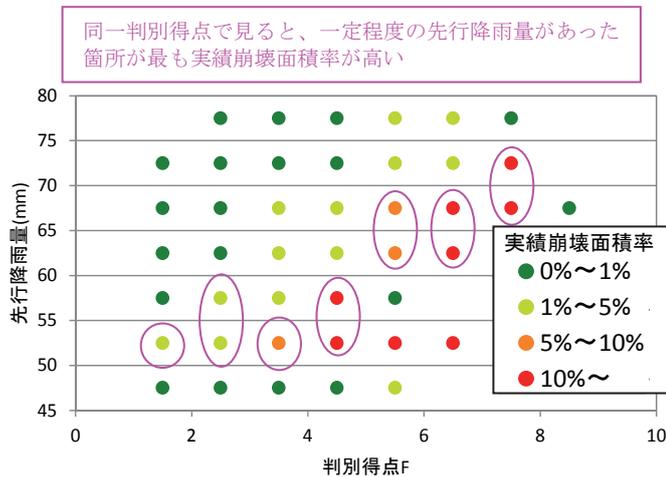


図-3 先行降雨量(3日雨量)と地震時斜面崩壊危険度の関係

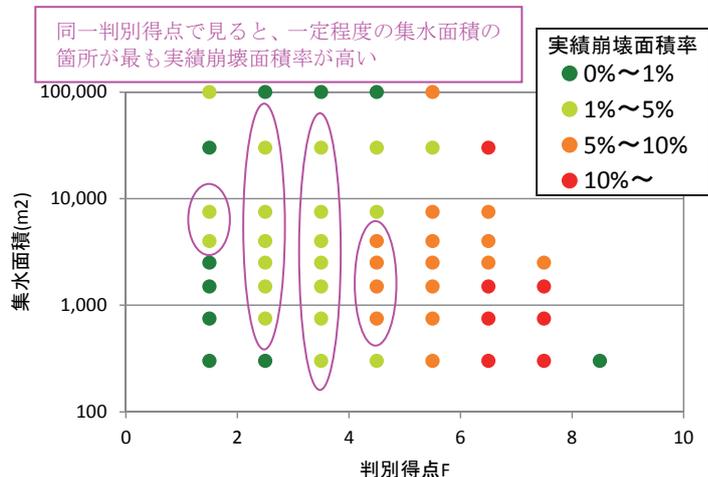


図-4 集水面積と地震時斜面崩壊危険度の関係

### 3. 検討結果・考察

2つの対象地震の集水面積(土壌水分影響因子)と実績崩壊面積率の関係(図-1)を比較すると、集水面積にかかわらず、地震発生時に比較的湿潤状態だった新潟県中越地震は、比較的乾燥状態だった岩手・宮城内陸地震より実績崩壊面積率が高い傾向が確認された。また、地震発生時に比較的湿潤状態だった新潟県中越地震では、集水面積が500~1,000m<sup>2</sup>に達するまで実績崩壊面積率が高くなるが、それを超えると集水面積が50,000~100,000m<sup>2</sup>に達するまで実績崩壊面積率が顕著に低下し、集水面積が100,000m<sup>2</sup>を超えると再度実績崩壊面積率が高くなる傾向があった。

また、一定の斜面勾配・最大加速度毎に集水面積と実績崩壊面積率を整理した結果(図-2)を比較すると、地震発生時に比較的乾燥状態だった岩手・宮城内陸地震においては、最大加速度が3,500gal以上の箇所では集水面積が増加するにつれて実績崩壊面積率が高くなる傾向が認められた。一方、最大加速度が3,500gal未満の箇所においては、集水面積が中程度(500~5,000m<sup>2</sup>)の箇所でも最も崩壊面積率が高くなる傾向が確認された。さらに、地震発生時に比較的湿潤状態だった新潟県中越地震においても、最大加速度が900~1,100galのデータを除き、集水面積が中程度(500~1,000m<sup>2</sup>)の箇所でも最も崩壊面積率が高くなる傾向が確認された。また、岩手・宮城内陸地震と新潟県中越地震を比較すると、新潟県中越地震(湿潤状態)は最大加速度が1,300gal程度であり、岩手・宮城内陸地震(乾燥状態)の最大加速度4,500galよりかなり地震動が小さいにもかかわらず、同一集水面積の箇所の実績崩壊面積率が高い傾向が確認された。これより、新潟県中越地震では先行降雨及びそれに起因する土壌水分が多かったため、岩手・宮城内陸地震より実績崩壊面積率が高くなっている可能性がある。

図-3~4より、同一の土壌水分影響因子(地震発生前3日雨量、集水面積)のレンジで見ると、概ね判別得点が高いほど実績崩壊面積率が高くなる傾向が見てとれた。また、一定程度の先行降雨量、集水面積の箇所でも最も実績崩壊面積率が高くなり、それより大きい先行降雨量、集水面積の箇所では実績崩壊面積率が低くなる傾向が認められた。

### 4. 結論・今後の課題

土壌水分影響因子(先行降雨量、集水面積)が大きいと斜面が重力的に不安定になって地震時の斜面崩壊危険度が上昇すると考えられるが、今回の検討では、先行降雨量、集水面積が大きい箇所でも地震時の斜面崩壊発生が卓越するわけではなかった。この理由としては、以下のようなことが考えられる。

- ▶ 土壌水分の増加による土層の自重の増加や間隙水圧の増加による斜面崩壊危険度の上昇と、土質強度の増大による斜面安定度の向上の影響が相殺した可能性がある。
- ▶ 土壌水分の空間的ばらつきが小さく、土壌水分による影響が見えにくい。
- ▶ 先行降雨量、集水面積以外の因子(例えば、土層厚、土壌水分特性曲線など)の影響が大きい。

なお、本検討は、2事例の地震のみを対象として検討したものであり、先行降雨のタイミングや先行降雨量が極端に多い場合の実績崩壊面積率の変化(土層飽和後は土質強度の低下や重力作用により崩壊危険度が有意に高くなると考えられる)については確認できていない。このため、今後、先行降雨のタイミングや先行降雨量の多寡による地震時斜面崩壊危険度への影響について検証する必要がある。

### 参考文献

- 1) 内田太郎・片岡正次郎・岩男忠明・松尾修・寺田秀樹・中野泰雄・杉浦信男・小山内信智(2004)：地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究，国総研資料，第204号
- 2) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム(2009)：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル(案)，土木研究所資料，第4129号