

Ⅲ－31 降雨時の斜面崩壊機構

愛媛大学工学部 ○矢田部龍一、八木則男、台本尊之、篠原宏治、二神治

1. まえがき

豪雨時に砂質土斜面が崩壊して、貴重な人命が失われる災害が後を絶たない。降雨時に発生する斜面崩壊は地すべりと比べて規模は小さいものが多い。しかし、移動速度が早く、また明瞭な前兆現象を示さない場合が多く、結果として人命が損なわれるケースが多い。

降雨時の斜面崩壊による犠牲者を減らすためにはハードとしての対策工も必要であるが、対象箇所数も多く経済的な面からの制約が大きい。そこでソフトな対策として避難が必要であるが、そのためには崩壊時期の予知法を確立しなければならない。本文では、崩壊時期の予測を目的として、降雨時の斜面崩壊機構を検討する。また、発生予測法について検討を加える。

2. 降雨時の斜面崩壊機構と崩壊発生予測

降雨による斜面崩壊予測は古くて新しい問題である。最近では気象庁が土壌雨量指数の設定に基づく土砂災害危険度予測の実用化を目指している。土壌雨量指数は過去の降雨履歴と崩壊実績それとタンクモデルを用いて算出している。この手法は別に目新しいものではないが、広域的にかつ短時間で予測できるところに妙味がある。

ここで、降雨時の斜面崩壊機構について簡単に説明を加えた上で、降雨時の斜面崩壊予測問題を簡単に整理するとともに、予測法について若干のコメントを加える。

降雨時の斜面崩壊機構の整理

降雨時の斜面崩壊は、雨水浸透に伴う間隙水圧の増加、自重の増加、強度定数の低下により起こる。斜面崩壊の発生予測をしようとするれば、これらの物理定数を測定して、あるいは変化量をシミュレートして計算により安定性を検討するか、もしくは、崩壊発生前の前兆現象としての変状を測定するか、もしくは、過去の崩壊資料に基づいて物理量の変化はブラックボックスとして降雨量などを予測パラメーターとして用いる方法などがある。

斜面崩壊予測法の整理

崩壊予測法として様々な提案がなされている。崩壊予測法は対象エリアをどの程度とするのかにより大きく異なる。特定の斜面を対象とする場合、各種計測器により得られたデータをもとに危険度予測を行うことになる。計測するデータとしては、斜面内の間隙圧（不飽和状態でのサクションも観測できるテンシオメーターが望ましい）、斜面内のひずみ（パイプひずみ計や孔内傾斜計など）、地表変位（伸縮計、GPS、観測カメラ・測距儀）、地表面傾斜、破壊音（AE センサー）などである。がけ崩れや土石流の事前現象として、マスコミなどを通して一般に広く言われているのは、「がけからの水が濁る」、「がけに亀裂が入る」、「小石がパラパラ落ちてくる」、「山鳴りがする」、「川の水位が急に下がる」、「斜面から水が噴き出す」などである。これらは前述した斜面の変状のうち、人間の五感でキャッチできる項目を示している。各種センサーを使えば当然精度は良くなる。しかし、特定の斜面を対象とした崩壊予知の試みは種々なされているが、今のところ成功しているのは地表変位観測データに基づく斎藤の方法による崩壊時期の予測くらいのものである。このように特定の斜面でも崩壊時期の予測はかなり難しい。

対象が広くなると崩壊予測法は当然変わってくる。例えば、気象庁の土壌雨量指数による方法は数 km 四方というエリアを対象としているし、規制雨量による道路の交通規制は数 km という道路延長を対象としている。このような面積や延長になれば、多くの危険斜面全てにセンサーを設置するわけにはいかない。そこで、危険度判定指標として過去の降雨履歴と崩壊実績に基づく経験的な雨量指数が用いられる。

降雨量の指標としては、連続雨量だけでなく、降雨開始前の地盤の含水状態を表す指標として事前に降った雨量のうち、崩壊に影響する雨量（例えば、実効雨量）を考慮する必要がある。実効雨量の求め方は種々提案されているが、降雨と地盤内の間隙圧の変化を長期に観測して求めたものではなく、物理的意味が乏しい。

広域を扱う場合、崩壊発生危険雨量を設定することには意義がある。しかし、その方法では、どの斜面が危険であるかについての判定はできない。対象領域内の崩壊危険度の予測は、リモセンの活用や地形解析により危険斜面を抽出した上で、危険性が高いと判定された斜面毎に土質工学的調査を行わなければならない。

降雨時の斜面崩壊予測を行う場合、発生時間、発生場所、発生規模を押さえる必要がある。ここで、斜面崩壊予測について簡単にフローを示しておく。

広域を対象

○降雨量を指標とした崩壊時期と崩壊場所（広域）の予測

降雨履歴と崩壊履歴の解析



土壌雨量指数、規制雨量

（崩壊時期、場所）

○危険度の高い特定斜面の抽出

リモートセンシング、地形解析、現地踏査



一次抽出斜面

表層土の土性調査（層厚が 50cm 以上 or 以下、簡易 N 値・Pd による定義）

植生（裸地、草本、木本）

地下水（浸みだしあり、なし）

地形（谷 or 尾根、凹 or 凸、遷級線、崩壊地形有り無し）



点数化による特定斜面の二次抽出

（崩壊規模）

特定斜面を対象

○観測と解析に基づく方法

現地観測

間隙圧（テンシオメーター）

雨量



室内実験

浸透物性、各種物性、強度定数



浸透解析と安定解析に基づく危険度判定 （崩壊時期、場所、規模）

○計測に基づく方法

計測対象・・・地表変位(伸縮計、GPS、観測カメラ・測距儀)

地中ひずみ(孔内傾斜計、パイプひずみ計、その他)

地表面傾斜

破壊音(AE センサー)

その他、水質(電導度、イオン)、におい

（崩壊時期、場所）

3. あとがき

斜面を単純にモデル化すれば降雨時の斜面崩壊機構は比較的簡単な問題である。しかし、自然斜面は複雑であり、浸透現象一つとっても一様浸透はありえない。物理的に意味のある予測法を確立するためには、複雑な問題をどの程度単純化して評価し得るのか見極めることがキーとなる。