

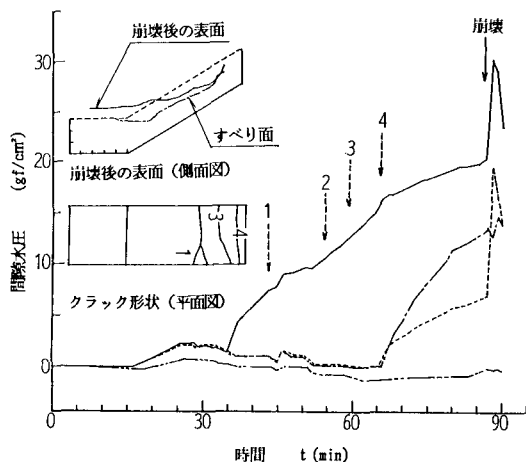
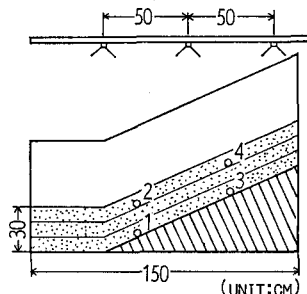
II-138

豪雨時の斜面崩壊の予測

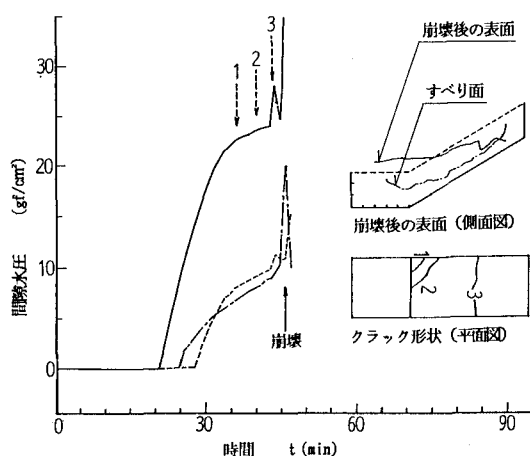
鳥取大学工学部	正 員	藤田 正治
鳥取大学工学部	正 員	道上 正規
日本上下水道設計（株）	正 員	細谷 守生
鳥取大学大学院	学生員	則政 康三

1. はじめに 豪雨時の斜面崩壊発生の予測は重要な問題であり、崩壊発生時刻および発生場所の予測に関する研究が行われている。しかし、崩壊発生機構は非常に複雑で、不確定要因が数多く存在するために、現地に適用できるような予測方法が確立されているとは言い難い。本研究は、斜面崩壊の一要因として考えられる間隙水圧のデータと浸透流解析および斜面の安定解析を基にして、崩壊発生時刻を予測する手法を提案しようとするものであり、この手法を模型実験に適用し、その有効性を検討する。

2. 室内模型実験の概要および実験結果 実験に用いた土槽ならびに降雨装置を図-1に示す。土槽の奥行きは50cmで、底面と側面は不透水面である。ただし、下流端は10cmの幅で底面から5cmの高さまで浸透水が排水できるようになっている。実験に使用した試料はまき土で、比重2.64、最大粒径4.7mm、中央粒径0.7mmである。斜面の層厚は30cm、勾配30°で、乾燥密度1.5gf/cm³となるように試料を締め付けた。飽和透水係数はこのとき、 2.8×10^{-2} (cm/s)であった。降雨強度は80mm/hrおよび120mm/hrである。計測は間隙水圧、表面流出量、浸透流量について行った。図中の○は間隙水圧計の設置場所を表す。図-2(a),(b)に斜面内間隙水圧の経時変化の実験値を示す。図中のNo.は図-1の間隙水圧計の設置点に対応し、---→はクラック発生時刻を、—→は崩壊発生時刻を示している。図-2中には図-1 実験装置および降雨装置の概要崩壊形状とクラックの形状も示している。これらの図より、降雨開始後浸潤前線が不透水面に到達すると間隙水圧は徐々に上昇し、クラックの発生を伴いながら、間隙水圧がある値に達すると崩壊が発生することがわかる。クラックは最初下流端付近に発生し、順次上流側で発生した。また、図-2(a)のように間隙水圧は複雑に変化する場合もあり、場を均一とした浸透流の理論では、これを正確に再現することは難しい。したがって、崩壊予測を浸透流解析に基づいて行うとき、土質パラメータの設定が問題となる。



(a) 降雨強度 80mm/hr の場合



(b) 降雨強度 120mm/hr の場合

図-2 斜面内間隙水圧の経時変化

3. 崩壊予測方法 実験斜面の中で最も危険な場所であると考えられる斜面法先部分に注目し、その地点の間隙水圧のデータを用いた崩壊時刻の予測を以下の2つの方法によって行う。

(1) 安全率の経時変化に基づく方法： 間隙水圧のデータを飽和水深と等しいと仮定すれば、そのデータと無限長斜面の安定計算¹⁾より、各時刻の安全率（せん断抵抗力／せん断力）が算定できる。時刻 t において、そのときの安全率と Δt 時間前の安全率の外挿線より、安全率が1以下となる時刻、すなわち崩壊時刻が予測できる。図-3は本実験について各時刻の安全率を示したものである。ここで、 Δt は2分、内部摩擦角は 41° 、粘着力は、他の同様な実験（計5ケース）において崩壊時の間隙水圧より逆算すると $5\sim 7$ gf/cm²となり、その範囲の値を用いた。図-4は図-3より崩壊発生予測時間（予測を行った時刻から崩壊予測時刻までの時間）を求めたものである。予測時間を示していない箇所は安全率が一定または増加する所に相当する。この図より、この手法はほぼ実際の崩壊時刻を予測しており、非常に簡単ではあるが有効であることがわかる。ただし、この手法は地下水面が形成されて初めて予測が可能となる。

(2) 飽和浸透流解析に基づく方法： 地下水位の変化は、将来の降雨条件が与えられれば、飽和浸透流解析より計算できる。¹⁾ この解析と安定計算より安全率が1となる時刻を求め、崩壊時刻を予測する。この方法はもちろん平面的な広がりを持った山地流域にも適用できる。しかし、現地はもとより実験においても計算上必要な諸パラメータを同定することは難しく、必ずしも精度の良い計算ができないのが現状である。そこで、Wetting front の降下過程と地下水位の変化過程の計算において、ある時刻で地下水位の計算値が間隙水圧のデータより得られた地下水位の値と一致するように、

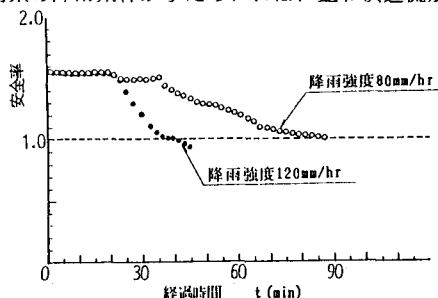


図-3 安全率の時間的変化

Wetting front 上層および地下水面層の飽和度を修正し、その後の崩壊予測を行う。透水係数などの他のパラメータも必要に応じて変化させなければならないと思われるが、ここでは簡単のために飽和度のみを変化させる。図-5に間隙水圧の予測結果と実験結果、図-6に崩壊予測時間を示す。80mm/hr の場合、時刻60分と70分、120mm/hrの場合25分と34分に修正を行い、それぞれ3つの予測曲線で崩壊時刻を推定している。同図より、降雨開始直後から予測でき、修正を加えることにより的確な予測が行えることがわかる。ただし、80mm/hr の場合のように、間隙水圧が微妙に変化するときは、もう少し細かい修正が必要であろう。

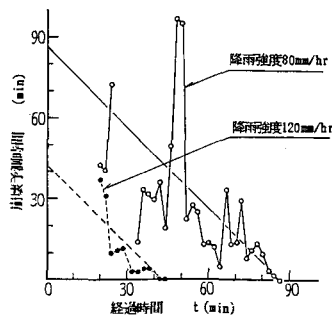


図-4 崩壊予測時間の変化

4. おわりに 以上のような手法は、現場データを用いる点や現場修正を加えるという点で、従来の

手法に比べかなり正確な予測が可能になるものと考えられる。しかし、現地への適用性や浸透解析の修正方法、土質パラメータの決定法などにも問題があるものと思われ、さらに検討する必要がある。参考文献) 1) 高橋ら：第30回水論文集，pp199～204。

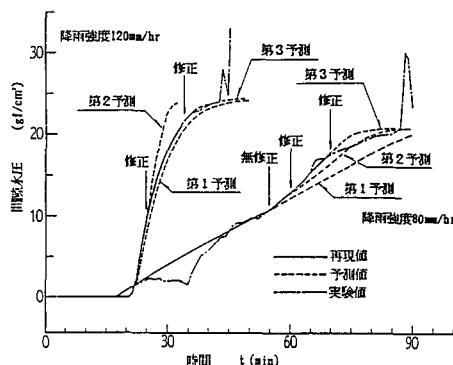


図-5 実測値と計算値の比較

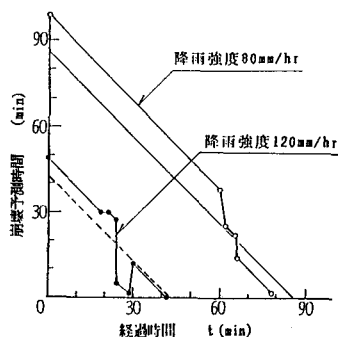


図-6 崩壊予測時間の変化