

三次元雨水浸透計算による表層崩壊危険度評価

台湾 国立台湾大学森林学系（前（独）土木研究所土砂管理研究グループ） ○梁 偉立
 国土技術政策総合研究所（前（独）土木研究所土砂管理研究グループ） 内田 太郎
 （株）東京建設コンサルタント（前（独）土木研究所土砂管理研究グループ） 秋山 浩一

1. 研究背景と目的

斜面表層崩壊予測のための物理モデルについては、1980年代から浸透流解析などの雨水流出に関するモデルと斜面安定解析を組み合わせた手法が提案されてきた（例えば、沖村ら、1985、砂防学会誌）。さらに、近年のコンピュータ能力の向上に伴い、1990年代以降相次いで解明された地中の各種の水文プロセスが物理モデルに組み込まれつつある（例えば、小杉、2004、砂防学会誌）。ただし、これらのモデルでは、浸透流解析が一次元・二次元で簡易に扱われることが多く、広い流域を対象として三次元の浸透流を厳密に解析する事例は未だに報告されていない。一方、雨水の浸透は必ずしも鉛直や側方のみに移動するとは限らず、斜面物理特性によって三次元的に土層内を移動することが知られている。従って、斜面崩壊予測精度を向上させるために、流域スケールの水文・地形特性を取り組んだ斜面水文・安定評価の物理モデルの構築が期待されている。さらに、斜面崩壊予測精度に地表面形状、土層厚分布、土壌・基岩特性などの斜面物理特性が大きな影響を及ぼすことが知られており、モデルと併せて、データ取得の重要性が指摘されてきている。そこで、本研究では、地形量と土層厚分布の空間情報を実測し、入力条件として計算領域に代入し、流域スケールの三次元雨水浸透計算を試みたことを目的とした。

2. 対象流域と雨水浸透計算概要

対象流域は、広島市街地から西方約 11 km に位置する荒谷川の支流にある小流域で行った。流域面積は 1.4 ha、流域の斜面勾配は 12～54° で平均 36°、基岩は広島花崗岩類である。貫入試験により、流域の土層厚分布が 15～417 cm の範囲で計測された。1999 年 6 月には、総雨量 417 mm、最大時間雨量 63 mm の豪雨により、荒谷川で土石流が発生し、対象流域の右岸側斜面において表層崩壊が 4 つ発生した（図-1a、崩壊地①～④）。本研究では、表層崩壊が発生した流域の右岸側斜面を着目し、数値計算領域とした。

雨水浸透計算は、有限要素法により三次元の Richards 式の数値解を求めた（図-1a）。地表面地形、土層厚、基岩面地形などの実測情報に基づき、三次元の要素分割を行った。計算領域が 3284 個節点と 11399 個の四面体要素で構成されている。本研究では、均一な土壌水分特性パラメータを各深度に与えた。境界条件については、地表面に降雨を入力し、尾根筋に水の出入りが無い条件、谷筋に自由排水条件を設定した。入力降雨については、一定強度（30 mm/h）の降雨を与えた。各接点の初期条件については、間隙水圧＝-30 cm と設定した。

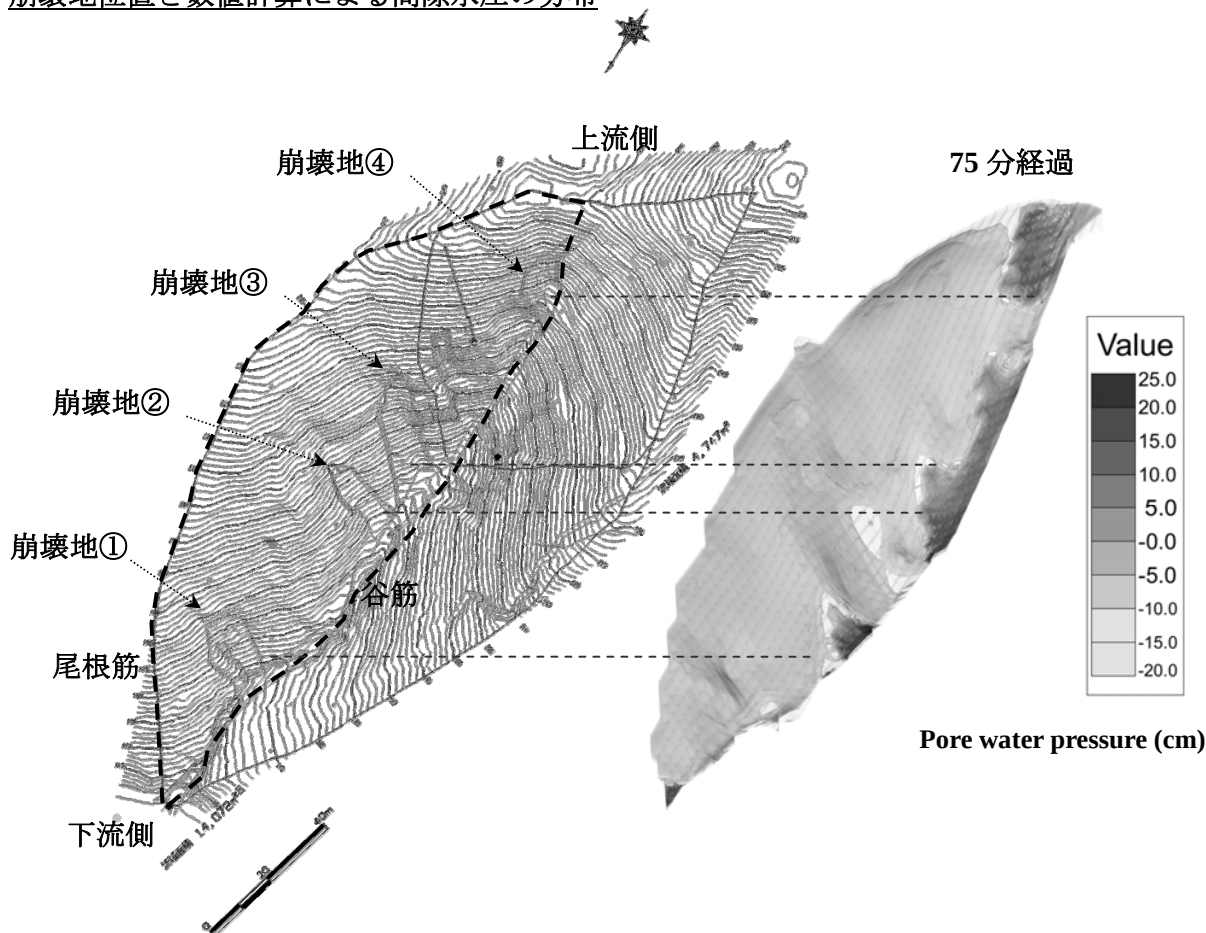
3. 結果と考察

図-1b は降雨を入力してから間隙水圧の空間分布の経時変化を示している。40 分経過した時点で、まず崩壊地②と③の谷筋付近に飽和帯の形成が計算された。75 分経過した時点で、前述の飽和帯が拡大したうえに、崩壊地②と③の谷筋付近にも飽和帯の形成が計算された。積算の入力降雨量の増加・降雨の継続に伴い、谷筋における飽和帯が徐々に繋がり（90 分経過）、崩壊地②と③の尾根方向にも飽和帯が拡大した（120 分経過）。すなわち、積算の入力降雨量の増加に伴い、はじめは局所的で分断されていた飽和帯が徐々に拡大し、場所によっては相互に繋がった。また、最初に飽和帯が形成したところは、地形と土層厚の影響を受けて集水しやすい部位だと考えられる。

以上の結果によって 2 つのことがわかった。まず、これまで報告されていない流域スケールにおける

三次元雨水浸透計算を試行し、飽和・不飽和の浸透流解析が良好に実行できることを確認した。次に、実際の崩壊箇所と飽和帯の形成位置と良く対応しており（図-1a）、地形・土層厚の実測情報に基づいた三次元の浸透計算を実施することにより、飽和帯の発生しやすい場所を予測することにより、崩壊発生可能の位置を特定できる可能性が考えられた。本研究では、飽和帯の発生場のみを検討したが、将来的に各土層に対応した土壤水分特性（透水係数など）と土質係数（粘着力など）を入力し、安定解析と併行することで、表層崩壊の発生箇所だけではなく、発生時刻をより精確に予測できると考えられる。

(a) 崩壊地位置と数値計算による間隙水圧の分布



(b) 間隙水圧分布の経時変化

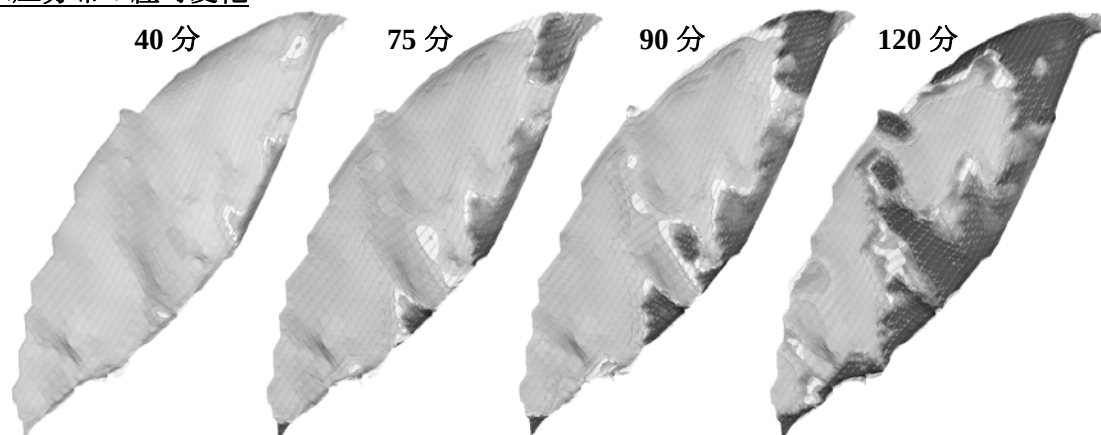


図-1. (a) 検証流域と数値計算の対照と(b)数値計算による 40, 75, 90, 120 分後の間隙水圧の空間分布