

## 自然斜面の崩壊因子パラメータの確率的評価について

○執印康裕（宇都宮大学），熊倉啓太（元宇都宮大学）

### 1. はじめに

自然斜面の表層崩壊発生確率（あるいは危険度）を評価する手法を大別すると、過去の崩壊実績をベースに、場の条件としての植生・地形・地質因子等が崩壊発生に与える影響を統計的手法（数量化法，対数回帰法など）によって評価するもの，及び土質強度，土層厚等の情報を基に斜面安定解析を実施し解析的手法によって評価するもの，の2つに大別される。統計的手法は広域での評価に適している反面，評価パラメータは崩壊発生機構に関連する物理的な根拠に基づくものではない。このことは統計的手法を場の条件が異なる地域に適用する場合，もしくは条件が経時的に変化する場合（例えば植生変化，地震による土質強度特性等の変化など），その評価因子パラメータを見直す必要があることを意味している。一方で解析的手法は，統計的手法と比較してある程度まで評価因子の物理的根拠が明瞭であるものの，評価因子となる土質強度，土層厚等の空間分布情報を広域（少なくとも数百 ha 以上）において取得する手段については課題が残っている。さらに数 ha 程度の小流域においても評価因子の空間不均一性を考慮すると，決定論的に崩壊発生危険度を評価することは困難である。従って，解析的手法によって崩壊発生危険度を評価する場合においても統計（確率）的側面から検討しておく必要がある。本報告では，この観点から表層崩壊発生の主要因子である表層土層厚及び土質強度特性の2つに着目して予備的な調査・検討を行なったので，ここに報告する。

### 2. 研究対象地及び手法について

研究対象地として宇都宮大学農学部附属船生演習林内の一区画（8林班わ小班内の南東向き斜面：約 1.5ha）を設定した。本演習林（総面積約 530ha）は，高原山系に連なる南北に走る細長い山塊の西斜面に位置しており（およそ北緯 36 度 45 分 - 48 分，東経 139 度 47 分 - 50 分），標高は 260 - 600 m の範囲にある。年平均気温は約 12 °C，年平均降水量はおよそ 1,700 mm である。1月から3月にかけて降雪があるが積雪量は少なく，降水量の大部分が降雨によるものである。

設定した一区画の 43 地点において，土層厚調査及び土質強度調査の2つを実施した。土層厚調査は簡易貫入試験によって行い，土質強度は土壌強度検査棒（土木研究所）を用いた簡易手法によって土質強度特性を推定した。なお土質強度調査は，簡易貫入試験による表層崩壊の発生面とされている  $N_c$  値 10 の深度において，実施した。図-1 に調査地点の概略位置を示す。

地点毎に得られた崩壊発生因子による検討手順を以下に示す。

**手順 1**：土質強度特性（土の内部摩擦角，及び粘着力）および土層厚（ $N_c$  値 10）の頻度分布解析  
**手順 2**：モデル斜面における無限長斜面安定解析式による確率評価

以上の2つの手順に従って検討を行なった。図-2 に手順 1 による土壌強度検査棒による土質強度特性の推定例を示す。



図-1 船生演習林全体図及び調査地点概略位置図

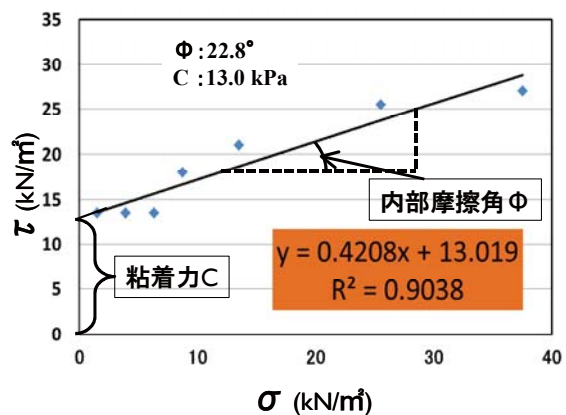


図-2 土壌強度検査棒による土質強度の推定例

### 3. 結果及び考察

43 地点において得られた崩壊因子パラメータの 3 成分（土の内部摩擦角，粘着力，土層厚）の頻度分布解析結果を図-3 に示す。本図より土質強度特性の 2 成分はいずれも正規分布と適合度が高く，土層厚は対数正規分布に従うことが確認される（手順 1）。

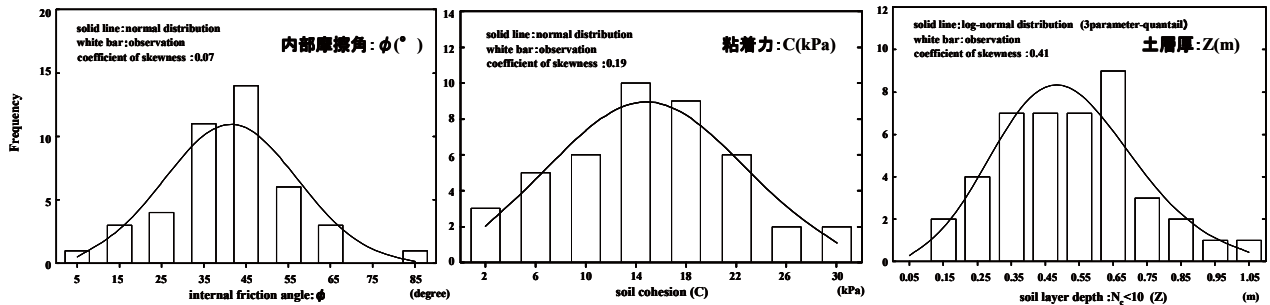


図-3 崩壊因子パラメータの 3 成分（内部摩擦角，粘着力 土層厚）の頻度分布

次に得られた崩壊因子パラメータの頻度分布をもとに，以下に示す無限長安定斜面解析式を用いて，モデル斜面の表層崩壊発生危険度の確率的評価を行った。

$$F = \left(1 - \frac{\gamma_w}{\gamma} \cdot \frac{h}{Z}\right) \frac{\tan \phi + \frac{C}{\gamma Z}}{\tan \alpha} \cdot \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha}$$

但し F：安全率， $\gamma$ ：土の単位体積重量， $\gamma_w$ ：水の単位体積重量，h：基盤（すべり面）からの地下水位，Z：土層厚， $\phi$ ：内部摩擦角，C：粘着力， $\alpha$ ：斜面勾配（≒基盤勾配）である。表層崩壊発生においては，崩壊因子パラメータの 3 つのうち，粘着力及び土層厚の 2 因子が大きく影響していることを考慮し，モデル斜面の設定条件として，内部摩擦角  $\phi$  については中央値の  $41.4^\circ$  を，斜面勾配  $\alpha$  については  $30^\circ$  を設定した。無限長斜面安定解析式によって評価する場合，安全率は土層厚に対する地下水位の比率（相対水深： $h/Z$ ），及び土層厚に対する粘着力の寄与分（相対粘着力： $C/\gamma Z$ ）の両者によって決定される。図-4 に安全率と相対水深，相対粘着力の関係模式図を示す。本図からもわかるように，崩壊危険度は，安全率 1 以下の相対水深に対する相対粘着力の確率密度分布によって決定される（図-4 の ELP 部分）。これを用いて検討した結果を図-5 に示す。本図から相対粘着力は対数正規分布に従い，相対水深の違いによる崩壊発生危険度は，0.5 から 1.5% の間に存在していることが確認される（手順 2）。

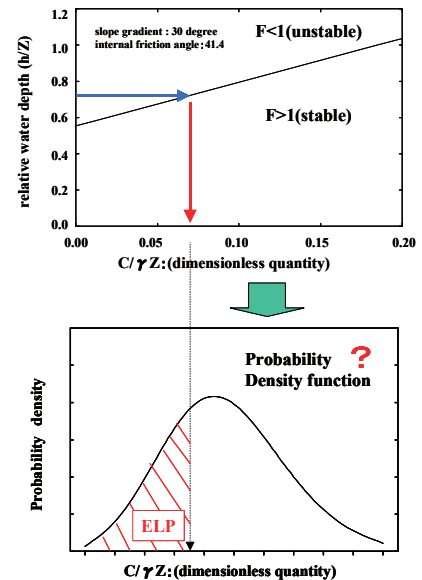


図-4 安全率と相対水深，相対粘着力関係模式図

以上の結果はあくまで，予備的な調査結果である。従って本結果を実際に適用するには，降雨発生確率による相対水深の評価，及び斜面集水面積等の地形条件を組み込む必要があり，今後検討していく予定である。

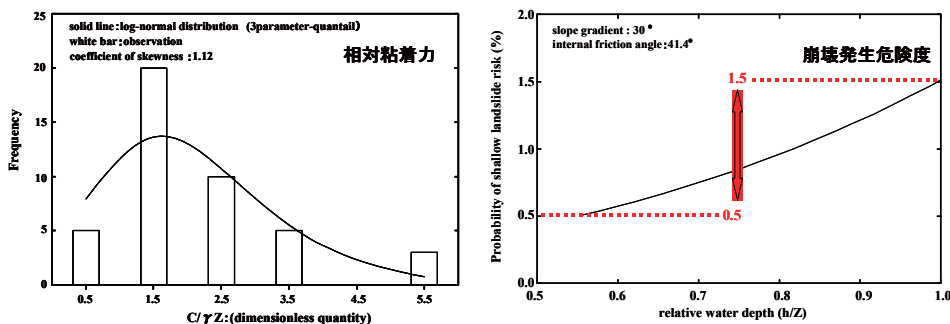


図-5 相対粘着力の頻度分布（左）及び相対水深と崩壊発生危険度の関係（右）