

# 斜面安定解析による樹木根系の崩壊防止機能の評価について

—東大千葉演習林 1970 年斜面崩壊事例を対象として—

東京大学大学院農学生命科学研究科 ○坂江哲 堀田紀文 鈴木雅一  
宇都宮大学砂防工学研究室 執印康裕  
東京大学附属千葉演習林 広嶋卓也  
三重大学大学院生物資源学研究科 沼本晋也

## 1. 研究の背景と目的

樹木根系には土質強度補強効果があり、森林が発達した地域は斜面崩壊が生じにくいことが認識されている。伐採された根の腐朽と植栽に伴う新しい根の成長の時間差により、森林伐採後すぐに植栽が実施された場合、伐採後 10～15 年でその補強効果がもつとも低下すると言われている<sup>1)</sup>。樹木根系の補強効果を考慮した場合としない場合とで斜面安定解析を行い、推定された崩壊分布を実崩壊分布と比較することによって、林齢による補強効果の違いを土質強度の変化として定量化した研究が実施されている。本研究では、森林がもつ崩壊防止機能の評価を目的として、既往研究<sup>2)</sup>と同様の手法によって検出された土質強度の増分が、降雨データを用いて得られる崩壊危険度の変化に対してどの程度の影響を及ぼすか検討する。

## 2. 解析対象地

研究は、東京大学千葉演習林で実施した。千葉演習林は、房総半島南部清澄山系に位置しており、地質は、新第三紀層三浦層群に属する砂岩泥岩互層により構成されている。土壌は主として褐色森林土から成っている。標高は 400m 以下の低山であるが、地形は急峻で複雑である。年平均気温 14.2℃、年雨量 2,000～2,400mm となっており、冬に降雪があるが、積雪量は少ない。千葉演習林では、1970 年 7 月 1 日の集中豪雨によって多数の表層崩壊が発生した。豪雨後の詳細な調査<sup>3)</sup>により、千葉演習林全体で 761 箇所の崩壊が確認され、崩壊面積率は 0.67%であった。本研究では、特に崩壊が集中していた千葉演習林北西部の 8 林班（第 1, 2, 6, 7, 8 12, 13, 14 林班）を解析対象地とした。対象地の面積は約 350ha で、確認された崩壊は 273 箇所、崩壊面積率は 1.71%であった。

## 3. データと解析手法

検討に用いたデータは、10m グリッドの数値標高地図、GIS 上に整備された林班図、造林台帳、千葉演習林札郷・清澄雨量観測所における 1970 年当時の雨量データである。また、70 年に発生した崩壊の位置を特定するために演習林によって作成された崩壊位置の概略図と 1974 年撮影の航空写真を利用した。

まず、1970 年に発生した崩壊地の特定のために、オルソ化された航空写真と崩壊位置の概略図を GIS 上で重ねて、崩壊地の読み取りを行った。得られた崩壊分布の検証のために、過去の崩壊調査報告書に記録された面積との比較を行った。続いて、対象地で無限長斜面による安定解析を行い、林齢による粘着力の変化の有無による崩壊箇所の林齢—崩壊面積分布の違いを比較した。航空写真より読み取った崩壊と計算結果の分布の違いについても調べた。そのうえで、1970 年の降雨と、対象地の森林が十分に生育したと仮定したときに同程度の崩壊が生じるために必要だと推定された降雨特性について検討した。

安定解析において、各計算グリッドでの動水方向は 4 方向（東西南北）のうちの最大勾配とした。また、計算間隔は 1 時間であるが、研究対象地域内の札郷観測所での当時の時間雨量データは入手できなかったため、同演習林内の約 4km 離れた清澄観測所の時間雨量データから降雨波形を作成した。その際、札郷の過去の調査報告に記録された最大時間雨量 105mm、日雨量 391mm、3 日間総雨量 452mm のうち、最大時間雨量を一致させると、3 日間総雨量が 370mm となり、3 日間総雨量を一致させると最大時間雨量が 127mm となった。データと一致する降雨波形が作成できなかったため、最大時間雨量を一致させたパターン A と 3 日間総雨量を一致させたパターン B の 2 種類の降雨強度を用いた。飽和透水係数については、既往研究<sup>4)</sup>を参照して今回は 3.6m/h とした。土層厚については、一律 1.2m としたが、無降雨時に崩壊が生じてしまうグリッドに関しては、安定解析式において安全率が 1.2 となるように、土層厚を減少させた。1970 年当時の林齢は、造林台帳を参照にした。そして、林齢に応じた土質強度補強効果の評価を行うために、林齢に関わらず全てのグリッドで粘着力を一定（条件 I）とした場合と、林齢による粘着力の変化を考慮した場合（条件 II）の 2 通りのモデル計算を行った。それぞれ、実崩壊面積と同程度の崩壊面積とな

るようにパラメータを設定した。なお、解析は10mグリッドで行うため、100m<sup>2</sup>以上の崩壊のみを本研究の対象とし、読み取った崩壊と計算結果の一致に関しては、グリッドの一致によって判定を行った。

#### 4. 結果と考察

対象とした地域の崩壊個数 273 箇所のうち、100m<sup>2</sup>以上のものは 189 箇所であり、そのうち判読できたものは 131 箇所であった。131 箇所の実崩壊面積は計 40,435m<sup>2</sup>であったのに対し、判読できた面積の合計は、計 27,615m<sup>2</sup>であった。判読できた崩壊と、実崩壊の各面積比較を図1に示す。崩壊が 300m<sup>2</sup>以下に集中している。大きい崩壊では精度にばらつきがあるが、300m<sup>2</sup>以下では判読精度に大きなばらつきはない。最終的に得られた崩壊個数は実崩壊 273 個中 131 個と半数程度であった。

条件 I でパラメータの設定を行った場合、対象地の粘着力を 7.0kPa とした時に計算値が実崩壊面積と一致した。条件 II では最大値 7.6kPa、林齢 10~15 年で 6.4kPa 程度の最低値を取るように粘着力を設定した場合に計算値が実崩壊面積と一致した。最大値 7.6kPa を取るのは植栽時、および植栽から 20~30 年を経過して以降とした。安定解析の結果により得られた林齢—崩壊面積の頻度分布を図2および図3に示す。5~15 年の林齢—崩壊面積頻度分布が実崩壊に近づいており、林齢—粘着力関係を考慮することで、崩壊面積頻度分布が実崩壊の頻度分布に近づくことが分かる。降雨パターン A と降雨パターン B の 2 条件で計算を実施したが、降雨強度の違いによる林齢—面積分布に顕著な違いは見られなかった。

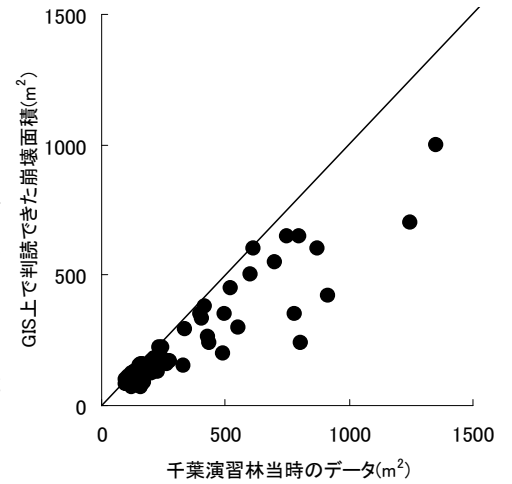


図1 実崩壊と判読できた崩壊の比較

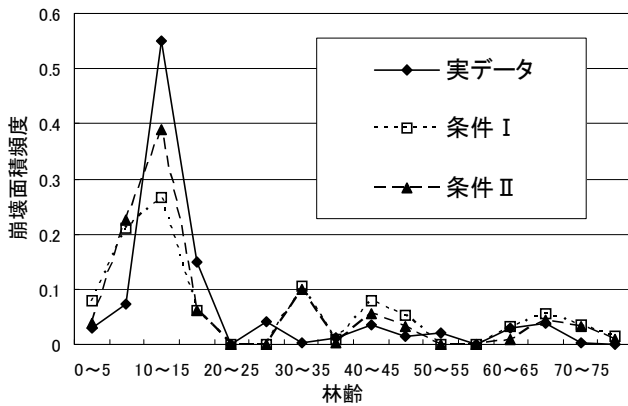


図2 崩壊地の林齢—面積分布(降雨パターン A)

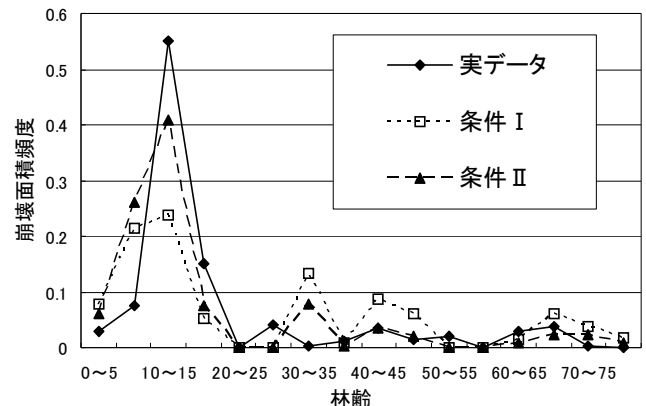


図3 崩壊地の林齢—面積分布(降雨パターン B)

また、判読した崩壊と計算結果崩壊位置に関しては、それぞれ粘着力一定時条件 I で 1%程度、条件 II 林齢—粘着力関係考慮時で 2%程度しか一致せず、今回の計算条件では、樹木根系の補強効果の変化を考慮しても崩壊位置を精度良く的中率は良い結果が得られなかった推定することは出来なかった。

モデル計算において、条件 II における根系の補強効果の低下が生じないとし（粘着力が最大値 7.6kPa で一定）として、降雨波形パターン A とパターン B で、降雨時間を変えずに時間雨量だけ変倍して安定解析を実施すると、最大時間雨量 130mm、日雨量 460mm、3 日間の総雨量 560mm 降雨強度で崩壊面積と同程度の崩壊が生じた。この降雨条件は実崩壊時の総雨量の約 1.25 倍に相当する。樹木根系の粘着力増分による崩壊危険度への影響を、このように降雨量に換算することである程度定量的に評価することが可能だと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 塚本良則 (1998) 森林・水・土の保全—湿潤変動帯の水文地形学—, 朝倉書店, 138pp.
- 2) 執印康裕・鶴見和樹・松英恵吾・有賀一広・田坂聡明 (2009) 分布型表層崩壊モデルによる樹木根系の崩壊防止機能の定量的評価について, 日本緑化工学会誌, Vol. 35, pp. 9-14.
- 3) 佐倉詔夫 (1972) がけくずれ対策調査書, 日本林業技術協会, pp. 39-52.
- 4) 熊谷朝臣・金子正則・白木克繁・執印康裕・鈴木雅一・太田猛彦 (1997) 東京大学千葉演習林・袋山沢流域における森林土壌の水分特性, 東京大学農学部演習林報告, 第九十八号, pp. 135-150.