スギ根系が発揮する表層崩壊防止機能の検討

国研 森林研究・整備機構 森林総合研究所 ○岡田康彦
群馬大学理工学部 蔡飛
国研 森林研究・整備機構 森林総合研究所九州支所 黒川潮

1 要旨

斜面に樹木が生育している場合、樹木の根系が地中に張り巡ることにより表層の崩壊を防止していると考えられている。この効果を斜面安定解析モデルに導入してその効果をするため、斜四角柱の左右に斜三角柱を加えた３ブロックでの分析を行った。従来より使用されてきたホフランド法にて試算したところ、側部ブロックの幅が小さいときに安全率も小さくなる問題が確認された。そこで、重量による成分は３つのブロック全体が斜四角柱であると仮定して算出し、根による粘着力成分は斜三角柱の側面に作用させて安全率を求めた。その結果は、簡易ヤンブ法の結果と概ね調和的であり、またブロック幅が15m 程度以上ではほぼ一定値に収束した。

2 イントロダクション

山地での災害を防止軽減し国民の安全、安心確保に寄与するためには、斜面の危険度を精度良く評価して、適切な対応を施す必要がある。特に表層の崩壊を対象にした場合には、どのようにして樹木の根系が斜面を補強する効果を見積もるのかという問題が浮き彫りととなる。他方で、樹木根系が斜面を補強する効果は、その生長や施業の履歴なの影響を強くうけて経年的に変化するためその評価は一筋縄ではいかない。また、ある時点での斜面補強効果を導入して分析するにしても、分析の簡便性を相当程度保った上で力学的にも整合する解を求めるためにどのようにして斜面安定解析に組み込むべきなのかという課題も残る。

樹木の根系は、根株の中心から拡がりをもって深さ方向に分布しており、大きくは鉛直根、水平根、射出根に分類される。最もシンプルな２次元の無限長斜面安定解析においては、すべり土塊の底面における根系の効果のみを、土が発揮する粘着力成分 c_s と類似する成分 c_r としてせん断抵抗に加えた検討がなされる。しかしながら実際に斜面が崩壊する際は、すべり土塊の側方部で発生するせん断に対する根系の効果もその影響は大きいと考えられる。既往研究として、崩壊土塊の滑落崖における側根の検討がなされた例もある（鏡原ほか、2018）が、分析は、現実には想定不可能と思われる鉛直面での検討であり、また最上部の一面のみに留まっている。

3方法と経過

斜面安定解析にすべり土塊側方部に根系の効果を導入するため、解析対象ブロックモデルは斜四角柱の左右に斜三角柱を加えた形状とした（図−１）。D : すべり面の深さ（0.7m）、α : すべり面の傾斜（34.5 度）、β : 斜三角柱の側面の x 軸に対する傾斜とし、可変の β はブロック全体の安全率が最も小さくなる値を採用することとした。土の内部摩擦角は 34.5 度、土の粘着力成分 c_s はゼロ、根系による粘着力成分 c_r は入力変数として種々の値を与えることとし、斜四角柱の底面および斜三角柱の側面で一定値とした。解析手法については、任意のすべり面形状に適用が可能となるホフランド法と簡易ヤンブ法を対象

に検討した。

ホフランド法を用いた場合の c_r とブロック幅の変化に対する斜面安全率の変動を調べた。その結果、c_r が 0.8kPa よりも小さい値を導入すると、ブロック幅が小さいときに安全率が小さくなる結果となった。これは、ブロック間で作用する力をゼロにしている、土塊の力とモーメントの釣り合いを満たしていないことにより、砂質斜面では３次元解析の結果が小さく算出されるというホフランド法の課題の結果と考えられる。

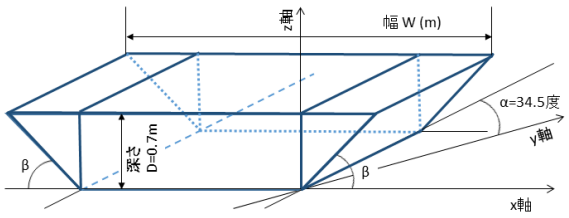
この課題を解決するために、土塊の重量成分については、側部ブロックをなす斜三角柱を中央ブロックと同様に斜四角柱と仮定した（ただし、仮定した斜四角柱の体積は、中央ブロックと両側の斜三角柱の全体積と同等とする）。他方、c_r は斜三角柱に作用させ、側部ブロックの傾斜 β を変化させて最小となる安全率を分析した。

c_r を 1 から 5kPa まで変化させたときの、ブロック幅に対する安全率の変化を検討した。３次元簡易ヤンブ法については、β が 90 度に限りなく近づくときに安全率が最小になるため、ここでは、重量による成分を斜四角柱であると仮定して算出した β 値を代入したときの安全率を示した。全体として、β に同じ値が与えられている、重量による成分を斜四角柱として算出した結果ならびに３次元簡易ヤンブ法の結果は概ね同様の値を示し、ホフランド法を用いた場合は、特にブロック幅が小さい場合にやや小さめの安全率となることがわかった。また、ブロック幅が 15m 程度以上になると、３者の解析結果に明瞭な差は認められず一定値に収束することがわかった。

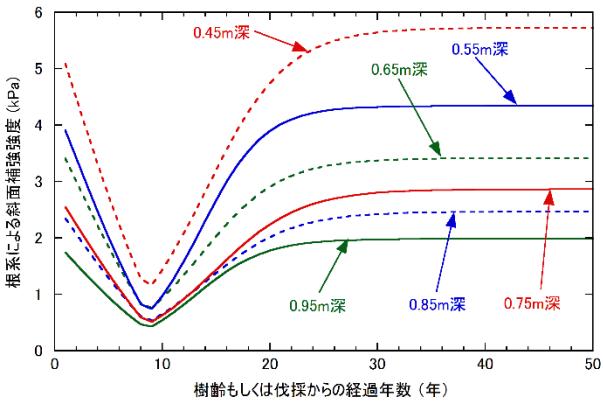
日本国内の人工林で最も多く植栽されてきたスギの根系が発揮する効果について検討を行った。50 年生の立木を皆伐して経年劣化する強度低下と、皆伐後すぐに新規植栽された根の強度増大の双方の効果を足し合わせた結果、その経年変化は図－２として表現された。この補強強度を３ブロックモデルに導入することにより、表層崩壊に対する斜面の危険度評価を試みた。今後、結果を詳細に分析してさらなる改良を進めていく。

＜引用文献＞

鏡原聖史・藤堂千景・岡崎啓祐・西脇博也・片岡沙都紀・澁谷啓 (2018) 樹木根系を考慮した自然斜面の安全性評価検討事例. 建設工学研究所論文報告集 60：131–142



図－１　すべり土塊の側方部における根系の効果を斜面安定解析による検討する３モデルブロック



図－２　50 年生のスギを皆伐しすぐに新規植栽をした場合に発揮される根系による斜面補強強度の変化