根系が発揮する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

1 要旨

樹木が生育している斜面では、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。他方、斜面崩壊の危険度を数値化する斜面安定解析においては、通常、無限長斜面を対象にすべり土塊の底面でのみ根系効果の検討がなされ、側面の効果は無視されることが多い。すべり土塊の両横断側面や、上流及び下流側の縦断側面における根系効果を検討するため、横断方向や縦断方向に３つのブロックを並べたモデルを作製して簡易ヤンブ法により安全率を求めた。その結果、簡易ヤンブ法からは、無限長斜面を対象にした解析よりも大きな安全率が算出され、特に、樹木根系の抵抗成分が大きい場合にその差が顕著になる結果が得られた。

2 イントロダクション

集中豪雨や長雨により山腹の斜面が崩壊して、下流域に被害を及ぼす斜面災害が毎年のように多発しており、その防止および軽減に向けた対策を有効に実施することがますます重要になってきている。樹木の根系は、表層崩壊の発生を抑制し国土の保全に寄与しているとして国民からの期待度も大きいが、他方、根系が斜面を補強する効果を正確に見積もることは容易ではない。斜面がどの程度の安全性を保っているのかを数値化するために斜面安定解析が行われるが、表層崩壊を対象にした場合は、通常、無限長を想定した斜面の安全率の評価、つまりすべり土塊の底面の検討に留まる。一方で、樹木根系が斜面を補強する効果は、すべり土塊の底面のみならず、横断方向および縦断方向の側面でも発揮されていると考えるのが妥当であり、その数値化は課題の一つとして残っていた。

すべり面における樹木根系の効果は、土が発揮する粘着力成分 c_s に類似する成分 c_r としてせん断抵抗に加えることにより評価される。根系による粘着力成分 c_r の導入に関して、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おり、側面での効果についての検討はなされておらずその効果の検証が望まれていた。本研究では、すべり土塊を横断方向、縦断方向について、各々３つのブロックにわけた分析を実施することとし、無限長斜面を対象にした安全率と比較した結果を報告する。

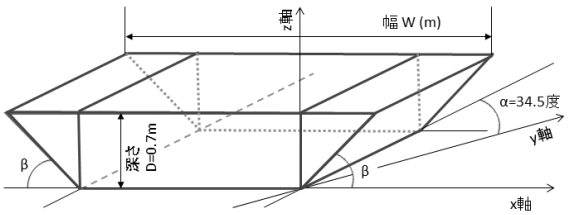
3 解析方法と結果

横断方向の解析については、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。

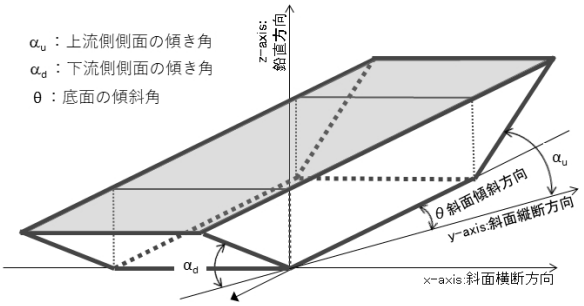
縦断方向の解析については、斜面安定の解析対象ブロックモデルは、中央の斜四角柱の上流および下流側に三角柱を加えた形状とした（図−２）。すべり面の深さ D（0.7 m）、及びすべり面の傾斜 θ（34.5 度）を一定とし、下流側三角柱の側面の傾斜 α_d、及び上流側三角柱の側面の傾斜 α_u を斜面安全率が最

小になるように求めた。なお、傾斜はいずれも反時計回りを正とし、α_d については負の値も取り得る。可変の α_d および α_u は両者が互いに影響を及ぼすため、α_u をある値と仮定して斜面安全率が最小になる α_d 値を求めた後、その α_d 値の下で斜面安全率が最小になる α_u 値を求めるという作業を繰り返すことにより、最終的な斜面安全率が最小になる α_d 値と α_u 値の組み合わせを決定した。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 1kPa から 5kPa の整数値を与えることとし、斜四角柱の底面、および、3ブロックモデルの側面を形成する三角柱の底面で一定値とした。横断方向については、すべり土塊の幅を 2m から開始して 2m ずつ増やし 20m までを、縦断方向については、すべり土塊の水平長さについては 2m から開始し、2m ずつ増やして 40m までの 10 ケースならびに 20 ケースで検討を行った。

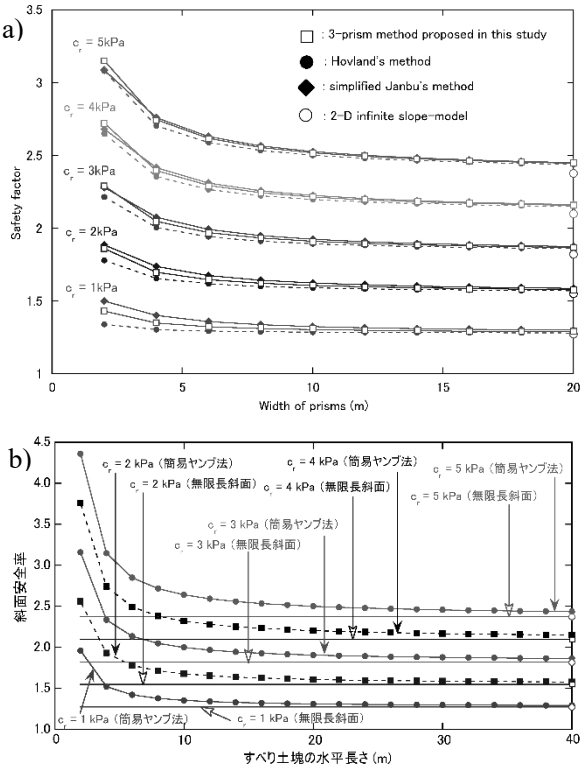
3つのブロック全体の簡易ヤンブ法による安全率と、無限長斜面を対象にして算出した安全率の差違を調べた（図-3）ところ、簡易ヤンブ法による安全率は、c_r がいずれの値の場合でも、すべり土塊の幅、水平長さが大きくなるに従って低減し、最終的には概ね一定値に収束する結果が得られた。無限長斜面を対象にした安全率と較べると、すべり土塊の幅について 20m、水平長さについて 40m の時でもわずかな差は認められ、また、c_r が大きな場合にその差が大きくなることがわかった。このことから、適切な森林管理を通じて健全な樹木を育成し、樹木根系による粘着力成分 c_r が相当程度発揮される状態である場合ほど、無限長斜面を対象にした安全率の検討のみでは過小評価していることが示唆された。また、表層崩壊の幅や長さに関して、たとえば 5m や 10m 程度の小規模な斜面を対象にその危険率を検討する場合は、相当程度に大きな 20m や 40m の斜面が対象になる場合に較べて、無限長斜面の安全率はより過小に評価していることになるためこのことに留意する必要があると考えられる。



図－1　すべり土塊横断側面の根系の効果を斜面安定解析により検討する3プリズムモデル



図－2　すべり土塊縦断側面の根系の効果を斜面安定解析により検討する3プリズムモデル



図－3　横断方向モデル(a および縦断方向モデル(b の斜面安定解析の結果

＜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