

神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 学生会員 ○川畑 将大
 神戸市立工業高等専門学校 都市工学科 正会員 鳥居 宣之

1. はじめに

基岩と表土層の境界面においてすべり面が形成される表層崩壊型の斜面安定解析に用いられてきた無限長斜面安定解析手法は、表層崩壊型の斜面防災にとって重要な要素である崩壊の規模の予測が出来なかった。このような背景から、表層崩壊型の斜面崩壊規模の予測を行うことのできる多平面安定解析手法¹⁾が考案された。しかし、近年基岩と表土層の境界ではなく表層内のより浅い位置において崩壊が発生する事例²⁾が報告されてきた。そこで、従来の多平面安定解析手法を改良し、基岩と表土層の境界とは異なる新たなすべり面を考慮できる二層型多平面安定解析手法³⁾を著者らは提案してきた。本研究では、本手法をモデル斜面ならびに実斜面に適用し、本手法の有効性について検証する。

2. 多平面安定解析手法の概要

図-1に示すように、すべり面を基岩と表土層の境界にあるとし、すべり土塊がそのすべり面上の n 個のブロックにより構成されていると仮定する。その間の l 個のブロックからなるすべり土塊に着目し、その安定性をブロック間の力のつり合いにより評価する手法である。始点ブロックの鉛直すべり面には力が作用しないと仮定し、終点ブロックを対角方向に通るすべり面とする。全てのブロックの組み合わせ($n(n-1)/2$ 通り)について解析し、最小の安全率を

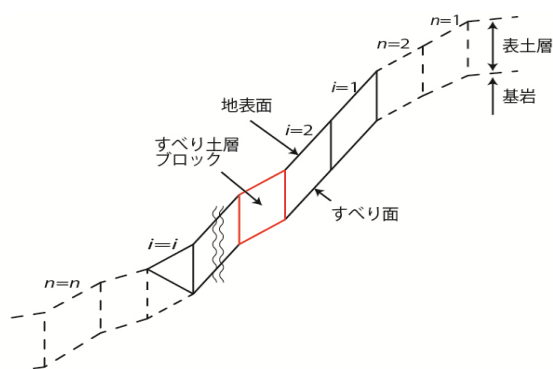


図-1 多平面安定解析手法

示したすべり土塊ブロックの組合せを危険すべり土塊として、縦断面における崩壊位置とその規模を評価することができる手法である。

3. 二層型多平面安定解析手法の概要

二層型多平面安定解析手法は、新たに定義された中間すべり面によって表土層が二層に分割されており、基岩と表土層の境界以外にすべり面が発生する崩壊にも対応することが可能となっている。また、二層に分割されることで土塊ブロックの形状(図-2のI, I')が、図-2に示すように複数存在することとなる。これらの土塊ブロックを一定の決まり通り($\sum_{k=2}^n \sum_{i=2}^k 2^{i-1}$ 通り)に組み合わせ、多平面安定解析手法と同様に安定解析を行う。また、二層型多平面安定解析では各層ごとに物性値を設定することが可能となっており、表土層内での弱層や植生による粘着力の増加なども考慮することが可能となっている。

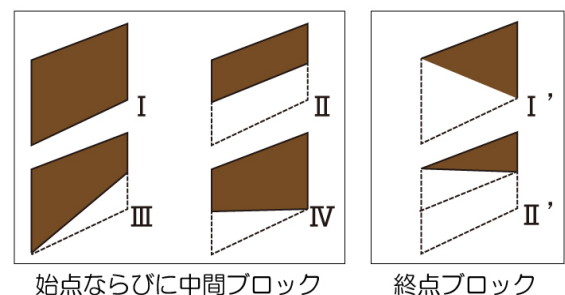


図-2 ブロック形状

多平面安定解析手法では、すべり土塊ブロック長を一定の値に固定するものとしている。それは、ブロック長を2mとすれば現実には発生する表層崩壊のすべり面形状に近似しているものとしている⁴⁾ためである。しかしながら、実際の自然斜面では傾斜や表土層深は様々に変化しており、一定間隔で傾斜が変わるということではなく、それよりも細かい間隔で傾斜や起伏は変化していると考えられる。そのため、ブロック長をさらに短くすることでより多くの斜面縦断情報を取り入れる必要がある。しかし、ブロッ

ク長を短くとした場合、終点ブロックのすべり面傾斜角の値が大きくなり、安全率が大きく算定される可能性がある。よって、二層型多平面安定解析手法では、終点ブロックにおけるすべり面のブロック数 Y を変化させることで、前述した問題を解消することとする。つまり、 $Y=1$ 、 $Y=2$ 、 $Y=3$ となるに従って終点ブロックの端点を 1 ブロック分、2 ブロック分と延長していくものとする。図-3 に終点ブロック数 $Y=3$ (2 ブロック分延長した場合) のときの終点ブロックにおける水平方向と鉛直方向のつり合いの様子を示す。

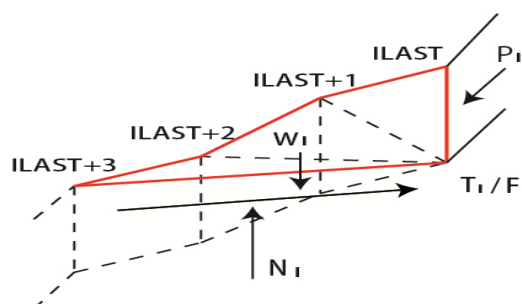


図-3 終点ブロック変更後のつり合い ($Y=3$)

4. モデル斜面を対象とした解析

一様傾斜と非一様傾斜のモデル斜面を用いて、根系の効果を考慮した場合とそうでない場合について解析を行い、結果の比較を行った。また、非一様傾斜のモデル斜面では、傾斜変換点を考慮してブロック長を取った場合とそうでない場合についても解析を行い、結果の比較を行った。図-4 に解析の結果の一例を示す。

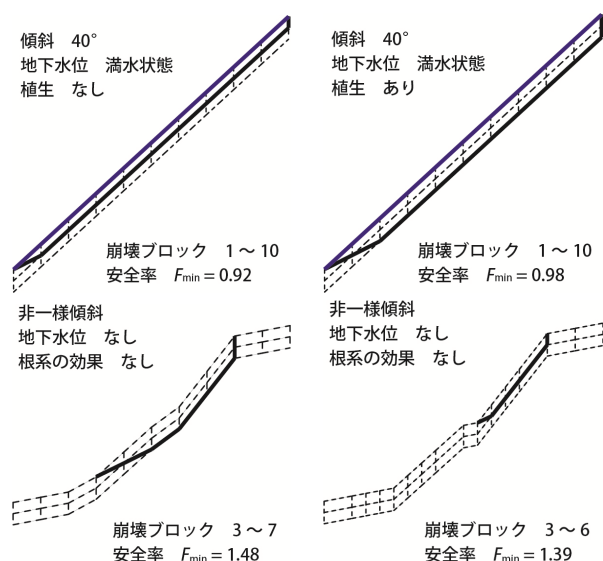


図-4 結果の一例

結果より、根系の効果を考慮した場合、しなかった場合よりも安全率が高くなるものの、崩壊が発生する際には規模が大きくなる場合があることが確認できた。また、傾斜変換点を考慮してブロック長を取った場合とそうでない場合では、崩壊規模に違いが見られる場合があることも確認できた。

5. 実斜面への適用事例

2004 年の台風 21 号により、兵庫県姫路市内で発生した崩壊を対象として、多平面安定解析手法と本手法を用いた解析を行った。対象斜面は台風 21 号以前に、強風を伴う台風 11, 16, 18 号によって擾乱され、根系の粘着力増分が低下していたために崩壊が発生したと考えられている。したがって、3 つのケースを想定し、Case1 は通常時、Case2 は豪雨時、Case3 は豪雨時 (強風により根系の粘着力増分の低下があった場合) とした。その結果、多平面安定解析手法を用いた解析ではどのケースでも安全率 1.0 を下回ることは無かったが、本手法を用いた解析では Case3 で安全率 1.0 を下回る崩壊パターンが存在することが確認できた。

6. まとめ

本手法では傾斜変換点を考慮してブロック長を取ることによって、崩壊形状をより実際の崩壊形状に近似させることができることが確認できた。また、実斜面を対象とした解析では、多平面安定解析手法では予測できなかった崩壊を、本手法では予測することが可能であった。

参考文献

- 1) 沖村孝：潜在崩土層を利用した表層崩壊発生位置に関する研究，新砂防，35-1，pp.9-18，1982.
- 2) 松村法行，高橋甲八，鏡原聖史，高橋豪夫，灰谷雅昭，魚住誠司：兵庫県における風倒木に伴う山腹崩壊，日本応用地質学会平成 19 年度研究発表会講演論文集，pp.173-174，2007.
- 3) 鳥居宣之，上平慎弥，鏡原聖史：表層崩壊発生に及ぼす植生の影響に関する解析的研究—二層型多平面安定解析手法を用いて—，平成 25 年度砂防学会研究発表会講演概要集，pp.B322-333，2013.
- 4) 米澤裕之：表層崩壊発生規模予測のための修正多平面安定解析の提案，神戸大学工学部卒業研究，40p.，2008.