

簡易斜面安定解析における最小安全率決定のための一手法

日本大学大学院 学生員 ○菊池 祥一

日 本 大 学 正会員 秋葉 正一

1 はじめに

斜面安定問題に関する解析方法は多くの手法が提案されているが、実務上は、円弧すべりを仮定した分割法を中心とする解析法が利用されている．この手法の最終目的は、最小安全率となるすべり円を導き出すことである．このすべり円が必ずしも斜面崩壊が起こった場合の崩壊形態とは言えないが、この種の解析方法により斜面安定問題を考える上ではその目安となるので重要である．そこで、本報告では円弧すべりに関する最小安全率をマルチエージェントシステムにより推定する手法を示し、最小安全率を推定可能な計算手法となり得るか検討した．

2 解析方法

本研究で円弧すべりの計算に用いた手法は分割法である．斜面モデルは文献¹⁾を参考に、**図-1**のように設定した．図中の A~D は、すべり円の中心座標の範囲を表している．次に、本解析で行ったマルチエージェントシステムのフローを**図-2**に示す．これは、最適値探索に有効な遺伝的アルゴリズム(GA)を実装している．ここでこのような探索システムを用いたのは以下の理由による．基本的に最小安全率を有する円弧は 1 つであるが、中心座標値や半径の精度によっては、解が真の座標点付近に存在し、見かけ上の解がいくつも存在する可能性がある．このような場合に、単純 GA での解の探索は難しいことから、このような探索システムを適用することとした．

初期個体(エージェント)はランダムに生成され、各エージェントの持つ情報は、位置、方向およびエネルギーの 3 つである．位置は円弧すべりの中心点座標 x,y とその半径 r で表される．方向は整数 0~9 のランダムに生成された文字列で表され、これが個体の持つ遺伝子コードとなる．エージェントの移動方向は F,R,HR,RV,HL,L というように 6 方向あり、遺伝子コードにおける数字の大きさがそれぞれの方向に移動する確率を示す．次に、エネルギーは円弧すべりの計算によって算出された安全率の逆数とした．このエネルギーは、エージェントが動くたびに累加され、エネルギーの高いエージェントは生き残りやすくなる．エージェントが存在する領域は、前述の A~D によって範囲が決められ、この空間内で一度動くごとに一歳年を取り、これが年齢終了条件を迎えたときに、エージェントは成熟し生殖を行う．生殖には**図-3**のように 2 種類、有性と無性の生殖がある．無性生殖は親となるエージェントが消え、2 つの新しいエージェント

キーワード：円弧すべり，分割法，最小安全率，マルチエージェント，GA

連絡先：日本大学生産工学部 土木工学科 〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL047-474-2472

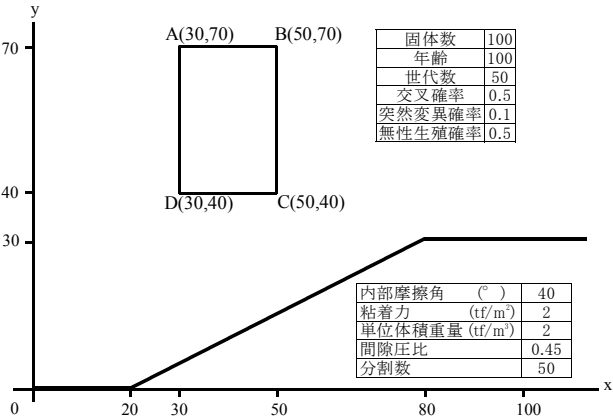


図-1 解析モデル及び入力値

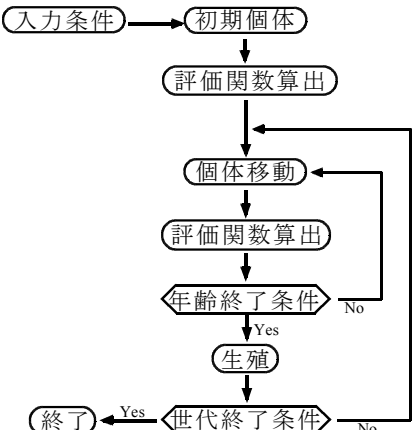


図-2 計算フロー

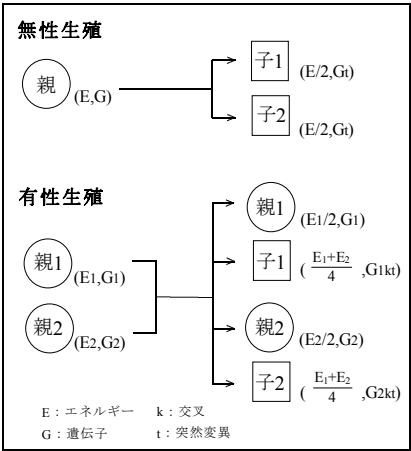


図-3 生殖

にとって変わられ、子供は親の半分のエネルギーを持つ。また、遺伝子コードは親の遺伝子コードが突然変異によって変化したものになっている。一方、有性生殖は2人の親は生き残り、さらに2人の子供を産む。子供は親の近くに配置され、各親のエネルギーは半分になる。また、子供の遺伝子コードは親の遺伝子コードの突然変異と交叉によって得られる。以上のような過程を繰り返し行い、世代終了条件を満たせば計算終了となる。

3 解析結果

解析に用いた各種入力値は図-1中に示した表の通りである。これにより解析した結果が図-4である。同図は初期世代から50世代までの収束状況を示した結果であり、任意の世代ごとにエージェントがどの位置に存在しているかを示したものである。初期世代から世代が進むにつれ、ランダムに生成されたエージェントが、最適解に向かい集合していくことがわかる。これは、本解析に使用したマルチエージェントシステムのエネルギーの概念と、方向を遺伝子としたことによって、初めのうちは粗く、ある程度探索が行われたのちに局所的探索に移行するという効果的な探索が十分発揮された結果であると考えられる。図では終了条件の50世代のものを示しているが、実際にはそれよりも速い48世代で全ての個体が最小安全率1.10475となった。特に、この探索システムでは、ある複数のエージェントが最小安全率と思われるところに集中して留まったとしても、他のエージェントがそれよりも小さい安全率の位置を見つければ、また動き始めるように設計されており、局所解に陥る可能性は極めて少ない。

次に図-5は、最小安全率となるすべり円を示したものである。文献での入力値と本研究での入力値は、間隙圧比が若干異なるものの、収束した最小安全率となる中心座標や半径に大きな差異はなくすべり円形状も類似している。本数値計算ではエージェントの歩幅が中心座標値や半径を10cm単位と粗く設定しており、真の最小安全率となる座標値を導き出すためには、さらに歩幅を狭くする必要があるが、歩幅を狭くする（精度を上げる）と計算時間の増大にもつながる。しかしながら、この程度の精度でも簡便法で実務的に最小安全率となる円弧形態を探索するという初期の目的は達していると考えられる。

4 結論

本研究では簡易斜面安定解析に、マルチエージェントシステムを適応することにより最小安全率を推定できる手法と成り得るか否かの検討を行った。その結果、最小安全率を推定することができ、良好な収束状況を得ることができた。今後は、本探索システムの探索能力に関わる個体の移動方法や、生殖方法、交叉方法などのアルゴリズムを検討し計算速度の向上を図ると同時に、安定斜面对策の探索に拡張する予定である。

<参考文献>

1) 竹内則雄ほか：間隙水圧を考慮したRBSMによる簡易斜面安定解析，土木学会第51回学術講演会（Ⅲ-A-216）1996

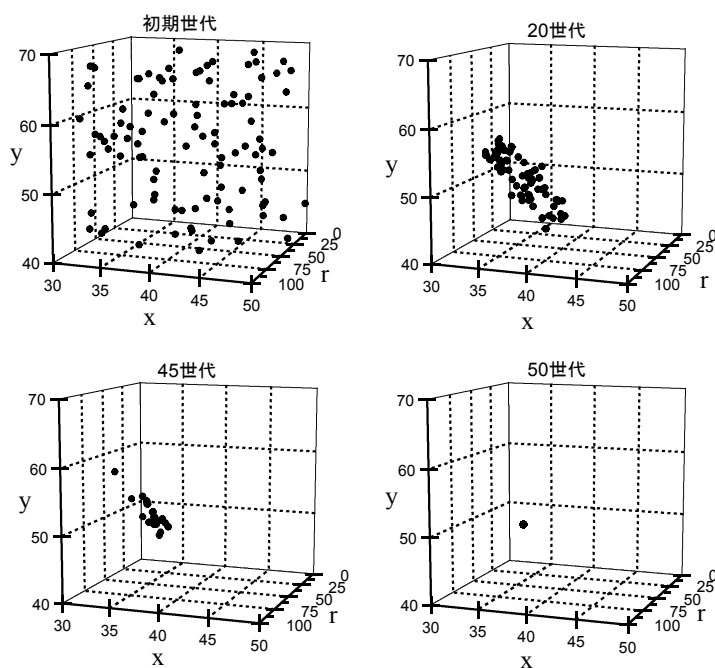


図-4 収束状況

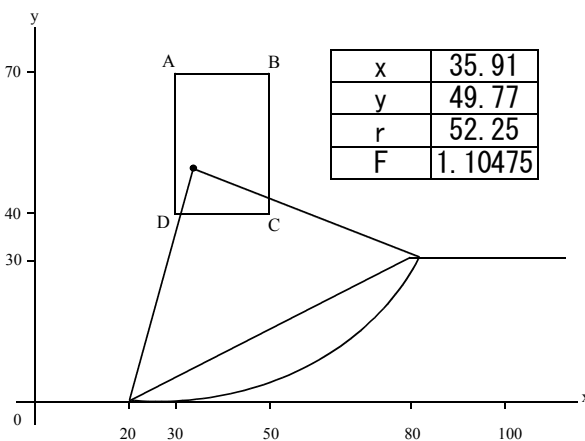


図-5 最小安全率