

擁壁に関する最適断面決定法について

日本大学大学院 学生員 渡邊 智彦
 日本大学 正会員 秋葉 正一
 日本大学大学院 学生員 菊池 宏明

1. はじめに

擁壁を設計する上で、最も重要なことは安定・安全性と経済性を考慮しなければならないことである。しかし、現行設計法では安定性の検討を満足できなければ断面を再度仮定するために、多くの計算時間を要し、さらに経済性を考慮しようとするれば、最適断面を容易に求めずらい現状である。そこで、本研究では、擁壁の最適断面を導き出すために、最近注目されている生物集団の進化過程に着想を得た、遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm；GA）に着目した。このGA手法を用いた最適断面決定法について、いくつかのアルゴリズムを設定し、その比較検討を行ったので報告する。

2. 解析対象擁壁

解析対象である擁壁は図-1に示す逆T型擁壁を取り上げた。この擁壁は国土交通省の標準断面寸法を参考に設定し、 H_0 を入力値に、 h_1 、 h_2 、 h_3 、 b_2 、 b_3 、 b_4 を未知変数とした。なお、 b_1 は擁壁高Hに応じて設定した。

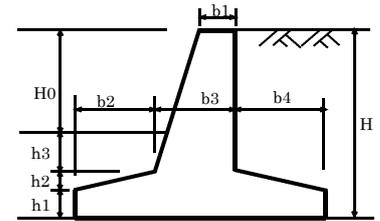


図 1 擁壁断面寸法

3. GAを用いた最適断面決定法

本研究に用いたGAの流れを図-2に示し、各段階の説明を以下に示す。

まず、初期個体群の生成では、遺伝子生成にバイナリ法を適用し、各断面寸法を遺伝子に持つ個体をすべてランダムに50個生成させた。

つぎに、評価関数は、常時および地震時におけるそれぞれの地盤耐力・滑動に対する安全率と経済性（断面積）の5つの目的関数の和とした。ここで、目的関数は断面積を一例に取り説明する。この場合の目的関数は図3の示す定義域が A_{min} A_n A_{max} の双曲線を設定した。得られた最適解は A_{min} に近いほど経済性に優れていることになるが、他の目的関数とのバランスにより最適値が求めずらくなることや断面に余裕を持たせることを考慮して、の直線により調整できるようにした。したがって、図中の太線が目的関数となる。このように他の目的関数も同様な手法を用いて設定した。

GAオペレータは単純GAを適用しているが、選択が効果的に行われるように、スケールングを取り入れた。スケールング・選択および交叉にはいくつかの方式があり、その方式の組み合わせ方によっては検索結果に影響を与えることが予想される。そこで、表-1に示すように、スケールングは4種類、選択および交叉はそれぞれ2種類の方式を採用し、これらの16通りの組み合わせによるGAオペレータについて、収束が速くかつ安定した検索結果が得られる組み合わせ方について検討した。また、各GAオペレータについて、交叉確率を0.2～0.5の範囲で0.05ずつ変化させ、突然変異確率を0.1～0.2の範囲で0.05ずつ変化させた21通りの組み合わせで解析を行い、評価関数の大きさおよび収束の速さについても検討した。

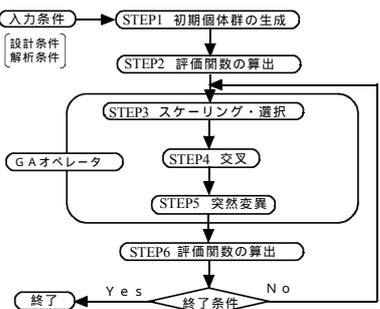


図 2 GAの流れ

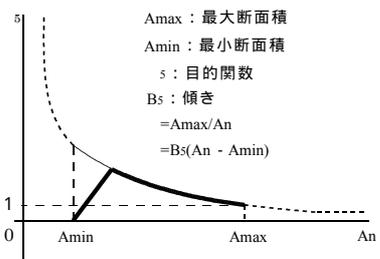


図 3 断面積の目的関数

なお、計算終了は最大世代数 1000 世代までとした。

キーワード：遺伝的アルゴリズム（GA）、GAオペレータ、評価関数、断面積、収束状況

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 TEL 047 - 474 - 2472

4. 解析結果

表 - 1 は、各 G A オペレータについて得られた最も大きい評価関数（最大評価関数）とその時の断面積を示した結果である。これより、最大評価関数 4.538069 が最も大きく、この値が得られた G A オペレータは 2 点交叉を適用した場合の 7 パターンである。この値が得られた断面を最適断面と仮定し、7 パターンのオペレータについて、交叉および突然変異確率を変化させた 2 1 通りの組み合わせに対する 1000 世代あるいは 300 世代までに最適断面が得られた個数を調べたのが図 - 4 である。これよりルーレット選択の線形スケールリング(RLT)、ルーレット選択のシグマ切断 + 線形スケールリング(RSLT)、エリート保存選択の線形スケールリング(ELT)、エリート保存選択のシグマ切断 + 線形スケールリング(ESLT)の 4 つのオペレータが他のものより比較的速い手法である。

そこで、この 4 つの G A オペレータについて、G A パラメータである交叉確率、突然変異確率および世代ギャップ率の設定範囲に対する検討を作った。まず、交叉確率を 0.1 ~ 0.8 ならびに突然変異確率を 0.1 ~ 0.5 に拡大し、世代ギャップ率は 0.5 ~ 0.8 の範囲で 0.1 ずつ変化させた。さらに、前述の 3 つの確率が同一条件で、5 つの異なる初期個体群での解析を実施した。

表 - 2 は、最適断面が得られる G A パラメータの範囲を示したもので、収束状況は最も速く収束した世代数を表している。これより、G A パラメータの設定範囲が広くかつ収束が比較的速いのは RLT と ESLT である。なお、この結果はランダムに生成する初期個体群が異なっても、この G A パラメータの範囲であれば最適断面が得られることを確認している。そこで表 - 2 より良好な結果が得られた RLT と ESLT について、最大評価関数を I_g とし、最大評価関数が算出された世代以降の最小の評価関数を I_r と置くことで、 $(I_g - I_r) / I_g$ の値により、収束性を調べた。なお、この値は 0 に近ければ、近いほど評価関数の変動が少なく収束性が良いことを表している。図 - 5 (a) に RLT、同図(b)に ESLT の結果をそれぞれ示した。これより、ESLT は交叉確率および突然変異確率の範囲が大きくなるにつれて、バラツキが見られた。一方、RLT ではバラツキが少なく収束性の良好な結果となった。したがって、これらの結果から、収束が速くかつ安定した模索結果の得られる G A オペレータはルーレット選択の線形スケールリングと考えられる。

5. まとめ

本研究のように、断面寸法の組合せが多く、解の唯一性が保証されない問題にとって、G A を用いることは有効な手段であることが立証できた。また、最適断面決定法を線形スケールリング・ルーレット選択・2 点交叉を用いた G A 手法に絞り込むことができた。今後は、本手法において、様々な形状の擁壁に対して、検討する必要がある。

参考文献

- 1) 坂和正敏, 田中雅博著: 遺伝的アルゴリズム, 朝倉書店, 1996
- 2) 伊庭斉志著: 遺伝的アルゴリズムの基礎 - G A の謎を解く -, オーム社, 1995

表 - 1 解析結果

選択	交叉	項目	記号	最大評価関数	断面積
ルーレット選択	2点交叉	スケールリングなし	RNT	4.528811	2.360
		線形スケールリング	RLT	4.538069	2.316
		ベキ乗スケールリング	RPT	4.538069	2.316
	一樣交叉	シグマ切断+線形	RSLT	4.538069	2.316
		スケールリングなし	RNU	4.486952	2.404
		線形スケールリング	RLU	4.528514	2.320
		ベキ乗スケールリング	RPU	4.479026	2.410
エリート保存選択	2点交叉	シグマ切断+線形	RSLU	4.508491	2.379
		スケールリングなし	ENT	4.538069	2.316
		線形スケールリング	ELT	4.538069	2.316
		ベキ乗スケールリング	EPT	4.538069	2.316
	一樣交叉	シグマ切断+線形	ESLT	4.538069	2.316
		スケールリングなし	ENU	4.525459	2.344
		線形スケールリング	ELU	4.525459	2.344
		ベキ乗スケールリング	EPU	4.525459	2.344
		シグマ切断+線形	ESLU	4.511792	2.357

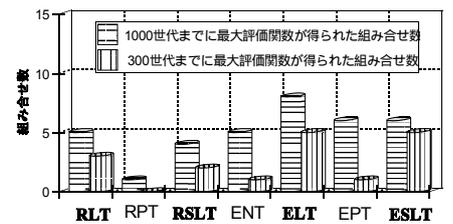


図 - 4 収束状況

表 - 2 G A パラメータ

項目	交叉確率	突然変異確率	世代ギャップ率	収束状況
R L T	0.55~0.8	0.2~0.3	0.7~0.8	134
R S L T	0.75~0.8	0.3~0.4	0.7~0.8	171
E L T	0.65~0.8	0.3	0.7~0.8	156
E S L T	0.65~0.8	0.2~0.4	0.6~0.8	90

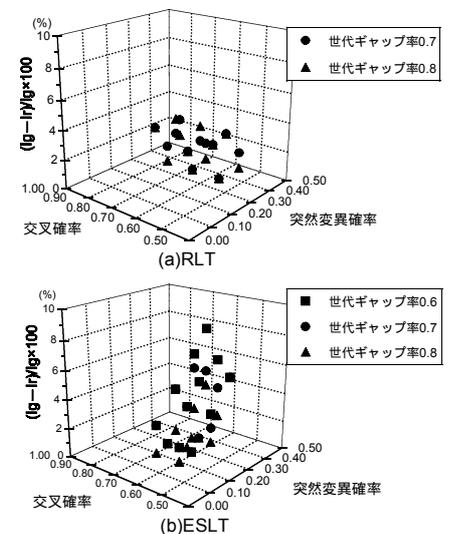


図 - 5 評価関数の変動