土木学会第47回年次学術講演会（平成４年９月）

Ｉ-515　ＧＡによる仮設鋼矢板締切工の設計

室蘭工業大学　学生員　山本洋敬　室蘭工業大学　正　員　杉本博之
東急建設株式会社　正　員　笹木敏信　東急建設株式会社　正　員　満尾　淳

1．まえがき　ＧＡ（遺伝的アルゴリズム）は、自然淘汰と生物遺伝の仕組みを基礎とし、生物の持つ環境への適応性に学ぼうという立場から考え出された手法である[1]。つまりＧＡは、解候補の集団を生物の集団と考え、ダーウィンの進化論に従ってこの集団に生物の進化の法則を適用して最適解を探索する手法である。ＧＡは、離散的最適化問題や多峰性関数の最適化問題の解法として最近注目されている手法である。

仮設鋼矢板締切工は開削トンネル・立杭・建築根切りなどに用いられ、土木、建築の両分野で頻繁に使用される工法である。仮設鋼矢板締切工の設計は道路協会、ＪＲ、道路公団などの企業体が定める設計基準にそって設計行われる。その設計は設計者の経験を重視して試行錯誤によってなされるが、このようにして決定された各部材の配置、組み合わせなどの最適性の照査はなかなか行われていない。

仮設鋼矢板締切工は、切梁鉛直方向間隔、切梁水平間隔により土留壁、支保工の断面を決定することができる。土留壁、支保工の断面は、実際の施工では既製形鋼を用いるので求める総工費の値は離散値となる。

切梁鉛直方向間隔、切梁水平間隔は連続量として計算することができるが、施工性を考えると支保工設置位置は 5cmあるいは10cm刻みの離散値としたほうが良いと考えられる。

そこで、本研究では既製形鋼を用い支保工設置位置を10cm刻みとして、ＧＡにより仮設鋼矢板締切工の離散的最適設計を行うことにした。

2．ＧＡの基本的な理論　ＧＡは、次に示すアルゴリズムによって最適解を探索する。

(1) 設計者が設定したＮ個の個体からなる線列集団を生成し、線列の評価を行う関数（適応関数）を用いて生成したすべての線列の適応関数の値を計算する。この線列が、設計変数の組合わせとなる。線列は適当な文字列や数で表される。本研究では２進数で表す方法を用いた。ＧＡでは適応関数の最大化を考えるので、本研究では直線と２次曲線を用いて目的関数を適応関数に変換した。

(2) 適応関数の値により、それぞれの線列を確率的に次の世代に残すか排除するかを決定する。（淘汰）

(3) (2) で生き残った線列に対して、設計者が設定した交叉確率(Pc)、交叉方法（遺伝子交叉、一点交叉）によりランダムに選択した線列の遺伝子の組み替えを行う。（交叉）

(4) 設計者が設定した突然変異確率(Pm)により、ある線列の１部を任意の遺伝子に置換する。（突然変異）

3．仮設鋼矢板締切工の離散的最適設計　仮設鋼矢板締切工は、鋼矢板からなる土留壁と切梁・腹起しからなる支保工とで構成される、河川の締切工事や地下構造物の構築などに用いられる工法である。

本研究で、最適化の対象とする仮設鋼矢板締切工の離散的最適化問題は次のように表すことができる。

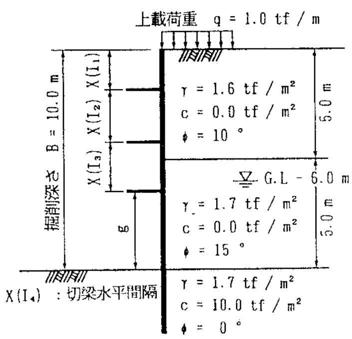
目的関数：$O(\{I\}) = $ 損料$[X(\{I\})]$ ＋ 施工費$[X(\{I\})]$　（円/m）　・・・(1)

制約条件：$g \leqq 0$　・・・(2)

上下限値：$I_{min} \leqq I_i \leqq I_{max}$　$(i=1\sim n)$　・・・(3)

設計変数：$\{I\} = \{I_1\ I_2 \cdots I_n\}$　・・・(4)

ここで、O は目的関数で総工費である。総工費の計算式は式（１）に示す簡略式を用いた。式（１）は土留施工延長 1m 当りに換算したものである。$\{I\}$ は設計変数のベクトルである。g は制約条件で、本研究では最下段切梁と掘削底面との最小離隔としている。I_iは設計変数 iの値であり、座標のランクである。切梁・腹起し、鋼矢板の断面は支保工配置により決定することができるので、設計変数を切梁鉛直方向間隔、切梁水平間隔とした。 $X(I_i)$は座標のランク I_i に対応する間隔で、0.0mから0.1m刻みで6.4mまでの実数値を与えた。n は設計変数の数である。I_{max}は使用できる座標のランクの最大値であり、I_{min}は最小値である。切梁・腹起し、鋼矢板の断面は、鋼矢板締切工で一般に用いられている既製形鋼を用いた[2]。



図－１　３段切梁計算モデル

表－１　３段切梁計算結果

交叉方法	人口サイズ	切梁設置深さ (m) 1段目	2段目	3段目	切梁水平間隔 (m)	最小目的関数 (円/m)
遺伝子交叉	40	0.4	2.7	5.5	4.1	315678 (38)
	60	0.6	2.7	5.5	4.1	315678 (3)
	80	0.7	2.7	5.5	4.1	315678 (25)
	100	0.2	2.7	5.5	4.2	315678 (28)
一点交叉	40	0.6	2.8	5.7	4.0	317212 (9)
	60	0.0	2.7	5.5	4.1	315678 (8)
	80	0.3	2.7	5.5	4.1	315678 (6)
	100	0.0	2.7	5.5	4.1	315678 (16)

ここでは、図－１に示す３段切梁の離散的最適設計を行った。土質条件は 3層地盤とし、掘削深さは 10.0 m、地下水位 G.L -6.0 m とした。

表－１は、ＧＡによる３段切梁計算モデルの結果をまとめたものである。人口サイズは 40 から 100まで与え、遺伝子交叉と一点交叉を行った場合を比較して示してある。切梁設置深さ、切梁水平間隔はそれぞれの交叉方法、人口サイズで得られた最小目的関数の時の地表面から測った支保工の設置位置、最小目的関数は、イテレーションの過程で得られた最小の目的関数の値、括弧内にその時の世代数を示してある。この問題では、交叉の確率 $Pc = 0.6$ 、突然変異の確率 $Pm = 0.033$ として計算を行った。

これによると、遺伝子交叉の場合、人口サイズに関係なく最適解が得られ、一点交叉の場合は、人口サイズが 60 以上で最適解が得られている。最適解が得られた時の世代数についてみてみると、遺伝子交叉の場合は世代数が 20 以上で最適解が得られているのに対し、一点交叉では 10 前後で最適解が得られている。

この問題を列挙法を用いて計算した結果、ＧＡの結果と一致し、ＧＡで最適解が得られたことがわかる。

４．考察

従来の最適化手法で離散的最適化問題を解くことは困難であるので、連続的最適化問題に変換して得られた結果を離散値に置き換えるといった方法をとる[3]。ここでは、ＧＡにより得られた結果と連続的最適化問題に変換して得られた結果の比較を行う。表－２は、ＧＡと連続関数に変換した時の土留壁、支保工の各段の必要断面を既製形鋼の種類で表したものである。総工費は、それぞれの手法で得られた目的関数の値で、連続の欄の括弧内の数値は連続的最適化問題として解いた時の総工費の値である。この表によると連続的最適化問題の総工費の値はＧＡにより得られた総工費の値よりも小さいが、これを既製形鋼の断面に切り上げてみると目的関数は切り上げる前の目的関数の値の約 1.05 倍となり、ＧＡにより得られた目的関数の値よりも大きなものとなっている。このことから、本研究で示した既製形鋼を用いる鋼矢板締切工の離散的最適化問題に対するＧＡの有効性が示されたと考えられる。

表－２　必要断面と総工費の比較

3段切梁計算モデル		GA	連続
切梁必要断面	1段目	H-250	H-300
	2段目	H-250	H-300
	3段目	H-300	H-300
腹起し必要断面	1段目	H-300	H-300
	2段目	H-250	H-250
	3段目	H-350	H-350
鋼矢板必要断面		FSP-Ⅱ	FSP-Ⅱ
総工費 (円/m)		315678	328533 (313651)

５．まとめ

本研究では、仮設鋼矢板締切工の設計にＧＡを適用し、離散的最適化問題として設計を行った。その結果、必要部材断面や設置位置などが離散値として求めることができた。今後は、弾塑性法を導入し、また設計変数に切梁段数を加えて設計して行きたいと考えている。

６．参考文献

１）D.E.Goldberg : Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning、Addison-Wesley Publishing Company 、1989.　２）首都高速道路厚生会：首都高速道路・仮設構造物設計基準、1990.　３）笹木敏信、満尾淳、亀廼井寿明、杉本博之：仮設鋼矢板締切の設計最適化に関する研究、第２回システム最適化に関するシンポジウム、土木学会　pp.193-198、1991.