

岐阜工業高等専門学校専攻科 建設工学専攻 学生員 ○水上 琢允
岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 正会員 鈴木 孝男

1. はじめに

従来、排水工法における井戸配置計画の設計においては、現場の透水性、領域の大きさ、必要水位低下量等から経験的に井戸の本数および配置のパターンを幾つか仮定し、地下水位低下量の簡便な計算を行い、井戸の本数や地下水位分布を比較・検討することにより決定されてきた¹⁾。しかし、この設計方法は経験に基づき設計されているため、求められた結果が最適であるかどうかを裏付ける根拠が不十分である。そこで本研究では、このような試行錯誤を繰り返す問題に、多点探索法であり、組み合わせ最適化問題の近似解法である遺伝的アルゴリズム(genetic algorithm, 以下 GA と略す)が有効であると考えた。そして、地下水位の計算に有限要素法を使用し、それに遺伝的アルゴリズムを組み合わせることにより、井戸の本数および配置を合理的に決定しようとするものである。

2. 解析概要

2-1 遺伝的アルゴリズムとは

遺伝的アルゴリズム(GA)とは、自然界における遺伝と自然淘汰のメカニズムを計算機上で模擬したものである。解くべき問題の解を遺伝子列として表現するものとし、それらを任意に複数個設定することにより集団を形成した上で、数十世代から数百世代にわたって世代交替を繰り返すことによって確率的に優れた解を求めようとするものである。

2-2 有限要素法に用いる基礎方程式

対象とする領域は水平2次元被圧帯水層を考え、各要素に分割されたモデルの節点の地下水位を算出するために、基礎方程式(1)を順問題として有限要素解析を行う。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ T(x, y) \frac{\partial h}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ T(x, y) \frac{\partial h}{\partial y} \right\} + q = 0 \cdots \cdots (1)$$

ただし、T:透水量係数(m²/min), h:地下水位(m), q:揚水量(m/min)

2-3 目的関数について

川口²⁾、小里³⁾らによって目的関数は式(2)、(3)のように決められた。式(1)は、節点の地下水位を設計水位以下に下げる事を意味する。式(3)は、少ない井戸の本数で地下水位を設計水位以下に下げる事が可能な井戸の配置を決定するための式である。Aは設計水位を基準に水位低下の小さい箇所が存在する時、目的関数に付加するもので、これによって式(1)を考慮している。式(2)の値の最小値を求めるために GA を使う。

$$h_i - h_{plan} \leq 0 \quad (2)$$

$$f = \alpha M + A + \sum_{i=1}^n \sqrt{(h_i - h_{plan})^2} \rightarrow \min \quad (3)$$

ただし、M: 井戸の本数, α: 定数, h_i: 各節点の地下水位(m), h_{plan}: 設計水位(m), n: 節点の数, A: 付加値

目的関数式(3)のαは単に次元をあわせるだけのものではなく、現場での様々な条件(工事費用、期間など)の要素を含んでいる。したがってαはディープウェルの配置決定に大きく影響をおよぼすため慎重に決定しなければならなかった。

式(3)を目的関数として、現場の地層データを用いて実際に井戸の配置を GA によって求めた結果が図-1 である。ここでは領域内に4本のディープウェルを配置しているが、現場の配置よりも効率の悪い配置が最適解として求められてしまった。図-2 は最適と思われる井戸配置を GA を用いずに設定

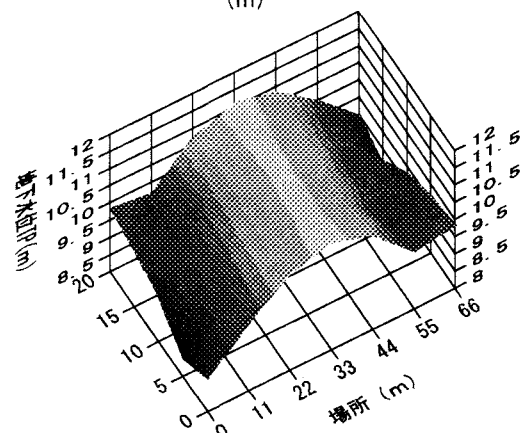
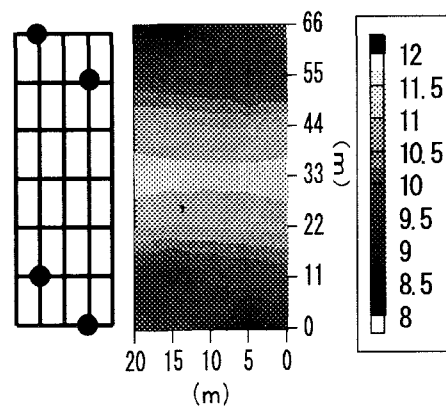


図-1 4本のディープウェルの配置および地下水位分布(設計水位: TP+12.0m)

し、地下水位の計算をさせた結果である。現場の井戸配置より優れた井戸配置が求められることは分かったが、このように必ずしも最適とはいえない結果も出てしまっていた。

このようになったのは目的関数が適切でなかったためと考えられる。目的関数の持つ次元の点から考えてみると、 $h_i - h_{plan}$ が長さの次元であるのに対して、式(3)の αM は井戸の本数 M に定数 α をかけたものであり、これによって次元を調整している。この点に関してはこれまでに十分な妥当性の検討がなされておらず、この部分が問題になっていると考えた。そこで、本研究では目的関数を

$$f = \sum_{i=1}^n (h_i - h_{plan})^2 \rightarrow \min \quad (4)$$

とした。これまでの目的関数は井戸の本数を考慮したものであったが、この目的関数は設計水位と実際の地下水位が最小になるようにする式であり、井戸配置計画問題において井戸の本数は少なければ少ないほど経済的であるため、目的関数の中に井戸の本数を考慮する必要はないのではないかと考えた。式(4)で得られた結果が小さいほど、その個体に大きな適応度を与えることができ、これによって個体の適応度を相対的に評価することができると考えられる。

3. 解析結果

今回新たに設定した目的関数の妥当性を検討するため、これまでに行われた解析結果と、今回の目的関数による解析結果を比較してみた(図-1)。この結果より、これまで使用されてきた目的関数よりも今回新たに設定した目的関数を用いて解析をしたほうがよりよい結果を得られていることが分かる。

従って、今回設定した目的関数は、これまでの問題を解消しており、ディープウェルの井戸配置問題の解決に有効であることが分かった。従って、今後の解析には式(3)を目的関数として使用していく。

4. おわりに

本研究では、従来経験に基づき求められていた排水工法における井戸の配置設計を GA と有限要素法を組み合わせることによって合理的に行う手法を提案した。また、これまでに行われた研究での GA の目的関数が不適切であったが、今回新たな目的関数を提示しその妥当性を確認できた。しかし、まだ解析結果が少なく、様々な状況に対応できるかどうかは確認していない。今後は、現場の解析を進め、実際の井戸の配置や地下水位状況と解析によって得られた結果とを比較し、本研究の有意性を検討する。

【参考文献】

- 1) 村和也ら：根切り工事と地下水・調査・設計から施工まで-(1991) 地盤工学会 pp.342, pp.218
- 2) 川口通央, 鈴木孝男：遺伝的アルゴリズムによるディープウェルの配置に関する研究, 平成 11 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 II - 32, (2000), pp.195
- 3) 小里大輔, 鈴木孝男：排水工法における井戸配置問題への遺伝的アルゴリズムの実用化に関する研究, 平成 12 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集 II - 29, (2001), pp.191

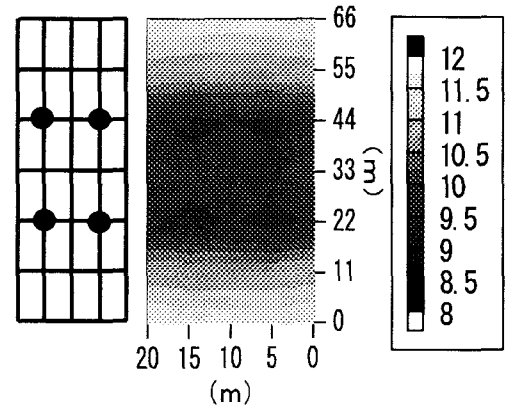


図-2 効率の良い4本のディープウェルの配置および地下水位分布(設計水位: TP+12.0m)

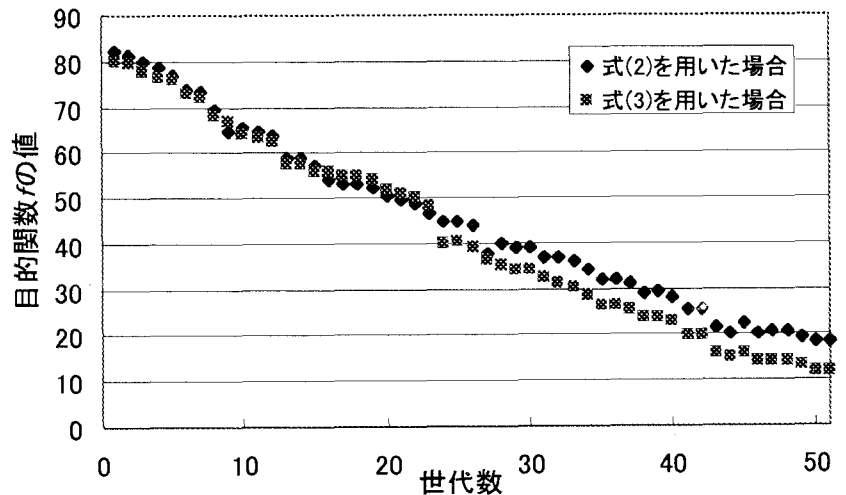


図 - 3 目的関数の推移