

(Ⅳ－12) 遺伝的アルゴリズムを用いたパイプラインの最適整備計画に関する研究

防衛大学校 学生員 ○長屋秀和 正員 佐藤紘志 正員 園田佳巨

1. はじめに

今日、都市におけるライフラインシステムは、交通の分野を除きその大半が地下に埋設されている。これらライフラインが震災による被害を受けることを想定した場合、できる限り良好な地盤を選んでネットワークを組むべきであるが、現実には都市機能の関係上、様々な特性の地盤に埋設せざるを得ない。したがって、埋設管路システムの被害予測を予め立てて維持・補修の計画を立案し、より安全性の高いライフラインシステムの運営を行うことは重要なことであると考えられる。本研究では上水道のネットワークシステムを例にとり、主に、不確定な要因が大きい地盤の評価についてファジイ理論を用いた上で、パイプラインの最適整備計画に遺伝的アルゴリズム（以下G. A. と記す）を適用し、上水道システムの維持補修計画に関する考察を試みた。

2. 解析手順

2. 1 要素の更新による効果の評価方法

本研究では、比較的末端に近い配水システムを念頭においた図－1のようなモデルを対象とし、その補修計画の最適化を考える。各要素を更新することによる効果の評価基準として、「対象要素の使用頻度」と「要素更新による非破壊確率の向上度」を乗じたものを用いることにする。各要素の使用頻度の評価は節点①（水源）から各節点までの最短経路を求め、各節点へこの経路により水の供給がなされるものとしたときの通過回数により行なうものである。要素の非破壊確率は管径・管種・管延長・地盤・震度という要因により、次式を用いて求められる。¹⁾

$$\text{非破壊確率 } r = e^{-N} \quad (1)$$

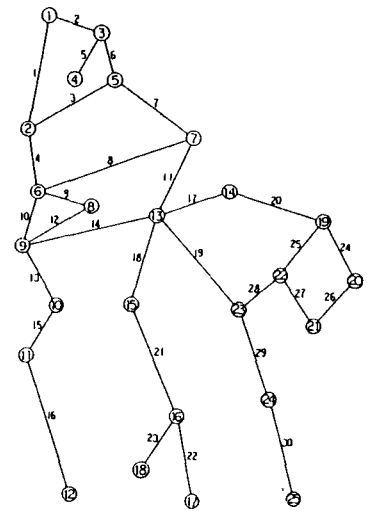
$$\text{被害箇所数 } N = R_f \times C_g \times C_p \times C_d \times L \quad (2)$$

$$\text{標準被害率 } R_f = 1.7A^{61} \times 10^{-16} \text{ (箇所/km)} \quad (3)$$

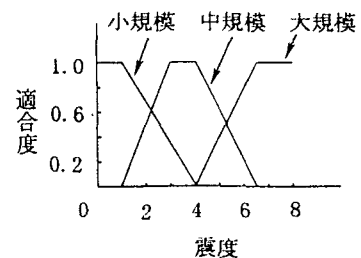
ここに、 C_d ：管径係数、 C_g ：地盤係数、 C_p ：管種係数、 L ：管延長
よって、「要素更新による非破壊確率の向上度」は、ある要素を更新したときに、更新前と更新後とで、式（1）により得られた値の差を求め、その差をもとにして計算を行なった。

2. 2 ファジイ理論の適用

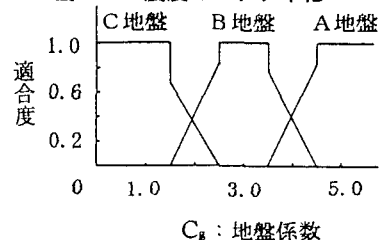
2. 1 で用いた式の中で、地盤の最大加速度（A）、管径係数（ C_d ）等は、過去の研究においてはクリスプな数値として与えられていたが、本来、ファジイ的な数値の方が妥当であると思われる。したがって、本研究では地盤の最大加速度、管径係数をファジイ数として取り扱うこととした。地盤の最大加速度は、図－2の震度に関するファジイ集合と、図－3の地盤係数に関するファジイ集合を用いて、地震の程度と地盤の状況をファジイ化したうえで、図－4から図－6の各種地盤における最大加速度のファジイ集合を用いてファジイ演算を行なうことにより決定される²⁾。管径係数も同様にしてファジイ演算を行なうことにより得られることとした。



図－1 ライフラインモデル



図－2 震度のファジイ化



図－3 地盤係数のファジイ化

2. 3 G. A. による最適整備計画

ここでは、更新計画にG. A. を適用するために、以下のような定式化を行なった。すなわち、未知数は更新すべき要素の番号であり、目的関数は、2. 1の手法により求められる要素の更新による効果であり、以下の式によって求めた。

Z = A × B

ただし、A：各要素の使用頻度

B：要素更新による非破壊確率の向上度

なお、各要素の更新は、管径と管種の変更により与えられるものとし、具体的には、管径係数と管種係数の2種類を遺伝子として取り扱い、これらを変化させた。また、更新対象とした要素総数は30本であり、その中の2つを更新することを想定した。ただし、制約条件として、更新する2つの要素の管延長が2.80kmを越えないように配慮した。

3. 数値計算例

3. 1 各震度による最適更新計画の比較

ここでは想定される地震の震度と更新計画との関係について考慮した。すなわち、震度5, 6, 7の3通りにたいして、数値計算を行い、図-7, 8, 9に示すような結果を得た。また、表-1は各世代における更新計画の解の推移を示したものである。この表より、いずれの震度においても約40世代程度でほぼ満足しうる更新計画の解が得られており、その解は、No. 2とNo. 6の要素の更新か、No. 2とNo. 7の要素の更新として得られた。したがって、G. A. を用いることにより、最適な更新計画の立案が可能であることが確認された。

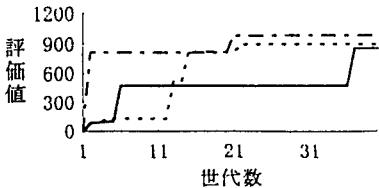


図-7 震度5のときの評価値の推移

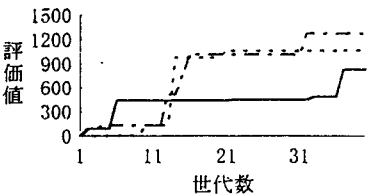


図-8 震度6のときの評価値の推移

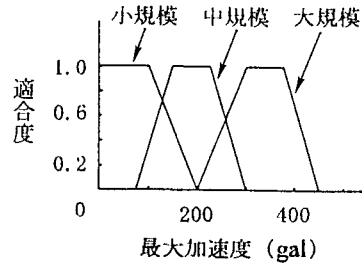


図-4 A地盤の最大加速度

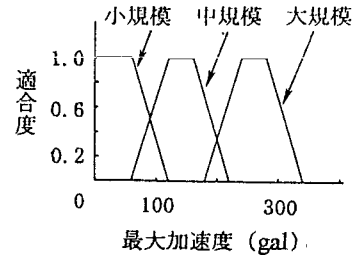


図-5 B地盤の最大加速度

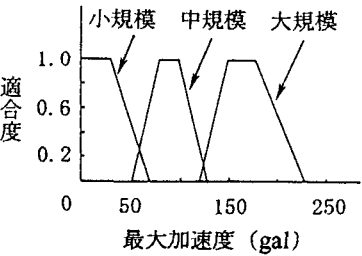


図-6 C地盤の最大加速度

表-1 更新計画の解の推移

世代	震 度 5				震 度 6				震 度 7			
1	6	18	6	24	2	27	6	18	7	15	2	27
5	2	18	6	7	2	10	2	18	7	15	2	10
10	2	11	6	7	2	10	2	11	7	15	2	10
15	2	11	6	7	2	7	2	11	7	6	2	7
20	2	11	6	7	2	7	2	11	7	6	2	7
25	2	11	6	2	2	6	2	11	7	2	2	7
30	2	11	6	2	2	6	2	11	7	2	2	7
35	2	11	6	2	2	6	2	11	7	2	2	7
40	2	6	6	2	2	6	2	6	7	2	2	7

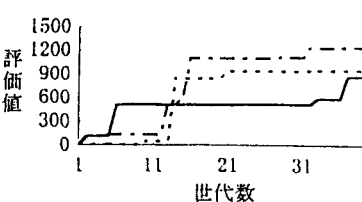


図-9 震度7のときの評価値の推移

参考文献

- 1) 無被害確率の算定法, 神奈川県地震被害想定調査報告書 (ライフライン)
- 2) 安信誠二: ファジイ工学, 昭晃堂, P P, 3~38, 1991