

途上国の水道管路更新計画における 基幹管路ネットワークの選定方法に関する一考察

首都大学東京大学院 学生会員 ○阿部 翔, 正会員 荒井 康裕
正会員 稲員 とよの, フェロー 小泉 明
学生会員 Bambang Bakri, 恩田 雄太郎

1. はじめに

途上国において将来の水道インフラ市場の拡大が予想されている。しかし、現状では人口増加や工業・商業の急速な発展に伴う需要水量の増加に対し、水道の整備が追い付いていない。また、不適切な管路配置や老朽化により、漏水事故や水圧不足の被害が問題となっている。

そこで本稿では、遺伝的アルゴリズム (GA : Genetic Algorithm) に管網解析を組み込んだハイブリッド GA モデル (以下、「HGA」と呼ぶ) により、将来の需要水量の増加に対応する、基幹管路ネットワークとその管路口径を選定する方法を提案する。

2. 基幹管路ネットワークの定義とその選定方法

(1) 基幹管路ネットワークの定義

現状 (2010 年) の配水管網は 1 配水池, 43 節点, 77 管路で構成されている。図-1 に各節点における現状と最終計画年度 (2090 年) の計画需要水量を示す。比較的的需要水量の多い節点は、商業地域や集合住宅・レジャー施設等の開発が進行中または進行予定の地域である。対象地域では、本来、配水本管として位置付けられるべき管路の口径が十分に大きくないため、上流部における管路の摩擦損失水頭が大きくなり、下流部での水圧が十分に確保できないといった水理的な問題が生じている。そこで本稿では、配水管網の中で重要な役割を担う配水本管として位置付けられる管路を「基幹管路ネットワーク」と定義し、対象地域の管路更新計画を検討する上で、水理的、かつ経済的に最も影響を及ぼす路線として優先的に扱って行くこととする。

(2) HGAによる基幹管路ネットワークの選定方法

本モデルは、管路の更新事業コストの最小化を目的に、対象とする配水管網の形状は変更せず、全ての管路に対して表-1 に示す口径候補 (GA オプション) の中から選択するものである。目的関数 T_C は、途上国の実情を踏ま

え、更新事業コストの総費用に占める割合の高い管材費用 (管種はダクタイル鋳鉄 : DCIP を仮定) に着目し、これの総額とした。各管路の管材費用は、管路延長 L_i [m] と、口径 D_i [mm] に応じた布設単価 C [Rp : ルピア (現地通貨)] との積で表現する。なお、HGA の適応度関数 F_V については、式(1)の目的関数 T_C の逆数とした。

$$\text{Minimize } T_C = \sum_{i=1}^n C(D_i) \times L_i \quad (1)$$

制約条件については、全ての管路の流速が 3.0[m/s] 以下であること、及び全ての節点の有効水頭が 17[m] 以上確保されていることとした。HGA による各解候補がこれらの制約条件を満たしていることを保証するために管網解析が必要となる。この制約条件を満たさない解候補については、制約を侵す毎に適応度が 1/10 となるようにペナル

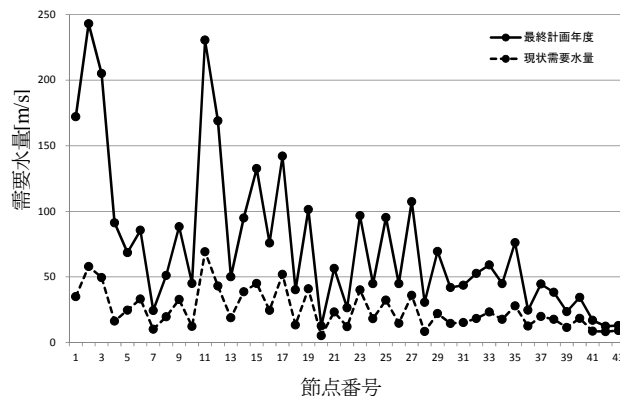


図-1 計画需要水量

表-1 口径候補とバイナリ変数

バイナリ変数	00	01	10	11
HGA-I	Present diameter	1up stage	2up stage	3up stage
HGA-II(a)	Min diameter (150mm)	1down stage	Present of HGA-I or Previous of HGA-II(a)	1up stage
HGA-II(b)	Present of HGA-II(a) or Previous of HGA-II(b)	1down stage	2down stage	3down stage

【キーワード】 水道管路 更新計画 管網解析 遺伝的アルゴリズム 選択と集中 途上国

【連絡先】 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL.& FAX.042-677-2947

ティ関数を設定した。

本検討では表-1 に示す口径候補を設定した3タイプのHGAを適用する。すなわち、HGA-Iの適用目的は、最終計画年度(2090年)に焦点を当て、増大する将来の需要水量に対処し得る十分に大きな口径を求めることである。HGA-II(a)は、HGA-Iによって得られた計画案の経済性をより一層高める観点から、管路の「選択と集中」を行う。すなわち、基幹管路として口径を十分に大きくすべき管路は、HGA-Iで得られた口径を維持、あるいはその口径よりも1ランク大きな口径が採択されるよう誘導する一方、ダウンサイジングが可能な管路では、1ランク小さな口径、あるいは現状の管路の最小口径(150mm)を採択して低コスト化を図るよう誘導する。1回目の適用結果の中で、150mmが選択された場合、基幹管路としての重要度が高くない管路であると捉え、2回目の適用で基幹管路の候補から除外しながらHGA-II(a)の適用を繰り返し、適応度(F_V)が最大となる解が得られるまで続ける。HGA-II(b)の適用目的は、途中計画年度の適正な口径を求めることであり、2090→'70、'70→'50、…と順次口径の縮小を図る。

HGA-IのGAパラメータは、個体数2000、世代数3000、交叉率0.03、突然変異率0.8とし、HGA-II(a)及びHGA-II(b)は、個体数1300、世代数3000、交叉率0.03、突然変異率0.8と設定した。また、配水池から節点11までは浄水場直下の管路であり、都市機能が集中する地域を結ぶ管路となることから、これらの口径はφ1300[mm]に固定して扱った。

3. HGAモデルの適用結果

2010年を基準に計画期間4期(1期=20年、計80年)をプロジェクト期間とし、対象地域の管路更新計画について検討した。HGA-Iの適用後、HGA-II(a)による6回の適用を繰り返して適応度が最大となる基幹管路ネットワークを得た(図-2参照)。図中の点線は、淘汰された管路を示している。さらに、途中の計画年度における計画水量を制約として経済的口径を求めるHGA-II(b)を適用し、2010年から2090年までの段階的な増径計画(例.管路No.18:450mm→500mm→600mm→700mm)を得ることができた。

4. おわりに

本稿では、将来の水需要変化に応じた「基幹管路ネットワーク」とその管路口径を選定する方法を提案した。適用結果より、77管路ある対象配水管網から43管路の基幹管路ネットワークを見出すことができた。提案したモデルにより、投資効果の小さい管路を更新対象から除外し、他の管路への投資を重点的に行うといった、更新管路の「選択と集中」が可能となった。

【参考文献】

- 1) 小泉明, 稲員とよの, 荒井康裕, 吉井恭一郎: 多目的HGAモデルによる配水管網システムの最適化, 土木学会環境システム研究論文集, Vol.33, pp.36-42, 2005.
- 2) B. Bakri, Y. Arai, A. Kawamura, S. Pallu, H. Yoda: Life Cycle Cost Analysis of Pipe Network Rehabilitation and Expansion in Makassar-Indonesia, The 9th International Symposium on Water Supply Technology, 2012.

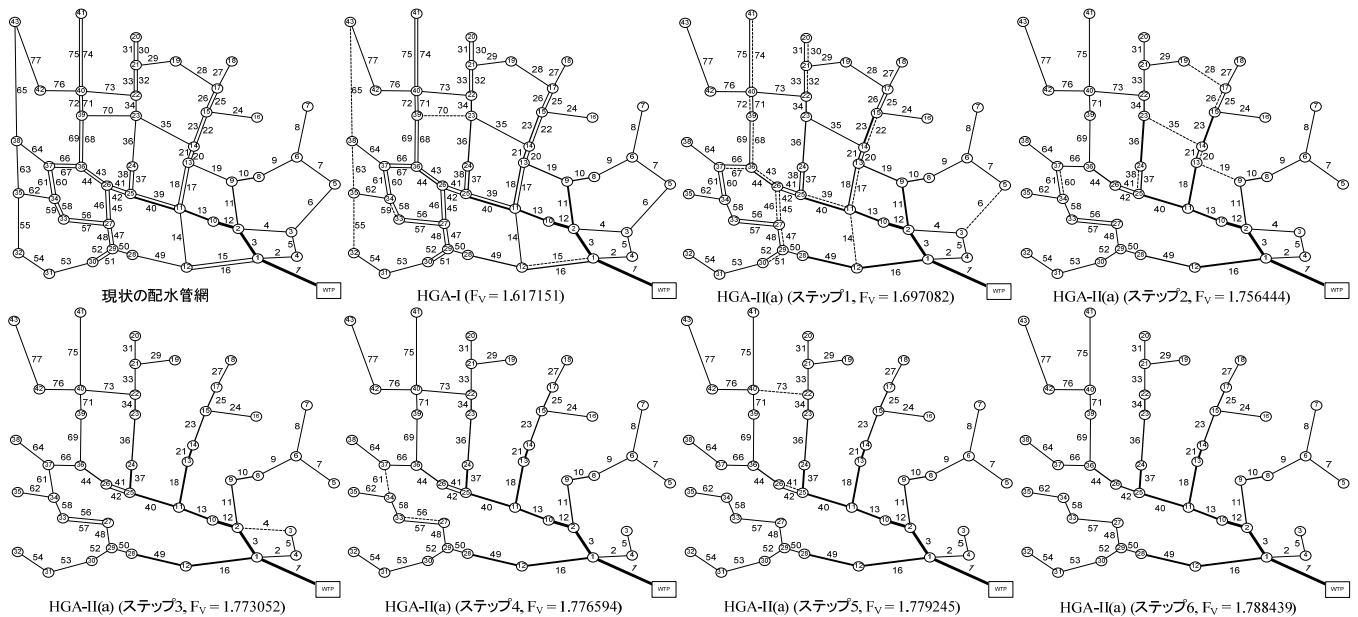


図-2 基幹管路ネットワークの段階的な選定過程 上段左:現状(77管路), 下段右:基幹管路の選定結果(43管路)