

氏名	だにゃちゅう あきろぐ いふん Dagnachew Aklog Yihun
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第182号
学位授与年月日	平成18年 3月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Ootimizing Design and Operation of Water Distribution Systems (排水システムのデザインおよびオペレーションの最適化)
学位論文審査委員	(主査) 細井由彦 (副査) 木村晃 増田貴則

学位論文の内容の要旨

Water distribution systems are essential as well as costly infrastructures. In the past four decades, several researches have been carried out to develop optimization models that can help reduce capital and operation costs of water distribution systems. Despite significant research efforts, there are currently no commercially available optimization models that can be used for practical applications. This is partly because most of the models developed so far have had some limitations. In this study improved optimization models are developed and their performance is tested by solving example problems from the literature. Although further improvements such as development of a user-interface are necessary, at their present states the models can be used as assisting tools for practical water distribution system design and operational optimization purposes.

Most of the models are based on genetic algorithm (GA), which is a powerful and flexible stochastic searching technique that is gaining widespread application in recent years. However, other two optimization methods are also used to fill the gap where GA is relatively inefficient. Linear programming (LP) is used to develop a branched network optimization model for its advantages of guarantying global optimal solution and computational efficiency. A new heuristic optimization method developed in this study, which is named the one by one reduction method (the OBORM), is used to develop a model for designing least-cost looped pipe networks for its superior computational efficiency as compared to genetic algorithm.

Because of its capabilities to handle complex optimization problems, in addition to designing pipe networks, GA is used to develop models for designing distribution systems with pumps and storage tanks, designing distribution networks from reliability point of view, and optimizing operation of distribution systems. Application of GA for least-cost pipe network design and water distribution system operation optimization has been reported by several studies in the past. The new contribution of this study is therefore the addition of pumps and storage tanks and the reliability based optimization. Another peculiarity of this study is introduction of a heuristic method to improve convergence speed of genetic algorithm that resulted in enhanced computational efficiency of the GA based models.

The performance of the models in practical problems has to be tested yet. However, from their encouraging performance on test problems, it is hoped that they can be effectively used for practical purposes. Both GA and the OBORM can also be used for branched network designs, but LP is more preferable here. For designing low cost looped pipe networks, both the OBORM and GA can be used, their results can be compared and the best one can be chosen. For other problems, namely reliability-based design of looped pipe networks, design of distribution systems with pumps and tanks, and finding optimal pump schedule to minimize operation cost of water distribution systems, the GA-based model can be utilized.

論文審査の結果の要旨

水道は先進国においては欠かせない社会基盤施設として長い歴史と高い普及率を有しており、老朽化した施設を適切に維持管理しながら高い信頼性をもって運営していく必要がある。また発展途上国では都市整備が進む中で盛んに建設や拡張が行われている。国の状況はさまざまであっても水道施設整備と運用には大きな投資が必要であり、効率的なマネジメントが求められる。本論文は水道システムを中心である配水システムを高い信頼性を持ったシステムとするための、設計、運転手法に関して検討したものである。

配水ネットワークの設計において、各配水節点において必要な水圧を満たしながら費用が最小になるような管路の組み合わせを求める最適問題に、リニアプログラミングおよび遺伝的アルゴリズムを適用する方法を提案している。さらに複雑な概念を用いなくても簡単に費用最小になる管路の組み合わせを決定できる One by one reduction method と名付けた独自の手法も提案し、その有効性を検証している。つぎにポンプと配水タンクをネットワークの中を含む配水システムにおいて、建設、維持管理費用を最小化するようなポンプの選択と稼働時間、配水タンクの高さ、ネットワーク構成管路の最適な組み合わせを求める問題に遺伝的アルゴリズムを適用する手法を開発した。さらに配水ネットワークの信頼性と費用の双方を考慮して、多目的最適化を行う手法を提案し、信頼性の高い配水システムを少ない費用で設計できるようにした。

配水システムの運用においては、ポンプ、配水タンクを含む配水システムにおいて、昼間に増加する水需要の時間変動と、電気料金の夜間割引を考慮して、需要水量、水圧を満たしつつ費用を最小化するようなポンプの稼働方法を、遺伝的アルゴリズムを用いて求める手法を開発している。

このように本研究では配水システムの最適化問題を各種の実務的要請に応えることができるように、樹枝状管路デザイン、ループ状管路デザイン、配水タンクとポンプの選定と稼働、信頼性と費用を考慮したデザイン、ポンプ運用の費用最小化の5つの観点で、最適化を行う手法を開発している。とくに可能な限りシンプルなモデル化と計算時間を短縮することで、実用的な使いやすさを追求している。

以上の結果より、本論文は水道工学において学術的、実務的に有益な情報を提供するものと考えられ、博士（工学）の学位論文に値すると判定する。