

漏水量抑制を考慮した配水管網の運転管理に関する一考察

東京都立大学工学研究科
東京都立大学工学研究科
東京都立大学工学研究科

正会員
フェロー
学生員

稲員
小泉
○工藤

とよの
明
大

1. はじめに

近年の新規水資源開発は、周辺地域との合意形成や環境への影響評価の問題により決して順調であるとは言えない状況にある。さらに、水源水質の悪化等の問題も相俟って水道原価は増加傾向を続けており、水道事業体は多額の経費を投入して浄化した水を少しでも無駄なく供給しなければならず、無効水量の大部分を占める漏水を防ぐことが重要な課題となっている。そこで本稿では水道管路からの漏水に注目して、ポンプとバルブの制御による漏水量の減少効果を定量化することを第一の目的とし、地面の下で発生するためにその把握が困難な漏水量を解析するための手法としてモンテカルロシミュレーションを提案する。

2. 対象管網と運転管理代替案の設定

本稿では、図1の管網図に示すような「1配水池、17需要点、6管網」で構成された配水地域についてケーススタディーを行う。この配水地域は大きく地盤高の低い地域（低区）と高台の地域（高区）という2つの地域に分かれており、配水池直後に設置された減圧弁と、低区、高区の境目に設置されたポンプによって配水圧力の制御を行っている。

この地域について、ポンプとバルブの運転を変えて表1のような8通りのケースを考え、それぞれのケースについてEPANETにより管網解析を行って有効水圧の観点から各代替案を比較した。その結果、Case8で最も圧力が平滑化されることや、ここでのバルブの減圧は20mが限度であることなどが分かった。これらのことを考慮し、以降ではCase1（時間による制御なし）、Case6（バルブのみ時間制御）、Case8（ポンプ、バルブ共に時間制御を行う）の3ケースについて漏水シミュレーションを行うことにした。

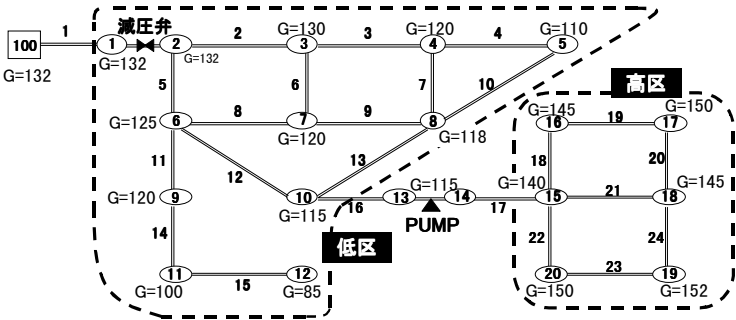


図1 対象地域管網図

表1 運転管理代替案

	ポンプ		バルブ	
	昼	夜	昼	夜
Case1	60m	60m	なし	なし
Case2	50m	50m	なし	なし
Case3	60m	40m	なし	なし
Case4	60m	30m	なし	なし
Case5	60m	60m	10m	10m
Case6	60m	60m	0m	20m
Case7	60m	60m	0m	30m
Case8	60m	40m	0m	20m

3. 漏水量の推定と運転管理代替案の評価

漏水量は漏水孔をオリフィスとした場合、漏水地点の水圧の0.5乗に比例すると言われている¹⁾。しかし一般に、穴の大きさは様々であり、漏水発生箇所の予知は難しく、地中での漏水の実態を把握することは困難であるため、個々の漏水孔を推定して漏水量を算定することは不可能に近い。そこで、本稿では配水管網から発生する漏水をまとめて扱った式を考える。その際、面的に広がっている配水管網の規模を単位配水管容量によって計量化し、モデル上の管路1本ごとに漏水量(Q_i)を把握する。

$$Q_i = C \times A_i \times L_i \times (P_i)^{0.5}$$

キーワード：配水管網、運転管理計画、漏水量抑制、モンテカルロシミュレーション、EPANET

連絡先：東京都八王子市南大沢1-1／0426-77-1111（内線4627）

ここで、 C ：配水管容量当りの漏水係数， A_i ：管路の断面積(m^2)，
 L_i ：管路長(m)， P_i ：管路中点での有効水頭(m)，

また、漏水の発生は埋設管の管種や管年齢、地盤の条件、交通荷重、周辺温度の変化等の影響を受けるが、具体的にこれらの要因 1 つ 1 つがどのように管の故障率に影響するかは明確になっていない²⁾。そこで、これらの不明確な要因を配水管容量当りの漏水係数 C に受け持たせ、乱数を用いたモンテカルロシミュレーションによりこの値を設定する。以下の算定には、平均： 7.0×10^{-6} 、標準偏差： 3.5×10^{-6} (変動係数 50%) の正規乱数を用いた。なお、この乱数発生条件は、管網全域トータルでの漏水率 (約 10%) から逆算して決定している。

モンテカルロシミュレーションを行う過程の中で、十分な結果を得るには乱数発生回数を何回にすれば良いかを判断することが肝要となる。その判断の基準には、計算した漏水量の分布と正規分布との適合性を用いることとし、計算結果が正規分布になっていると認められる回数を検討する。図 2 は、正規確率紙に描いた正規分布の理論直線と、計算結果の累積相対度数をプロットした点との偏差平方和を求め、シミュレーション回数との関係を示したものである。この図から、正規分布との適合度にあまり変化がなくなり、グラフがほぼ水平と言えるようになる境界は 700 回と 1000 回の間にあると言え、1000 回行えば十分な結果が得られると判断された。

そこで計算回数 1000 回でシミュレーションを行った結果、図 3 のような正規分布の形のヒストグラムが得られた。これは図 1 の配水管網全体での漏水量を表したものである。このヒストグラムから、Case 1, 6, 8 の順に山の頂点がずれて全体的に分布が漏水量の少ない方に移動しており、ポンプやバルブによる運転管理の効果がはっきりと表れている。

最後に、この 1000 回のシミュレーション結果の平均値をとり、1 日の漏水量を定量的に比べてみる。図 4 は計算された 1 日の全漏水量 Q から基底漏水量 Q^* を除いたものである。基底漏水量とは管網内の全地点において最低必要水圧の 15m に圧力制御した理想の場合にも発生してしまう漏水量の事で、圧力制御による漏水抑制方法においてはこれを防ぐことはできないため漏水量から除いて考えた。Case 1 と比べて、昼と夜で制御方法を変えた Case 8 では漏水量が約 20% 減少していることが分かる。この差は水道原価を約 180 円/ m^3 とすると年間で約 3800 万円分に相当する。

4. おわりに

本稿では、実態把握の難しい配水管網内の漏水に対し、乱数を用いたモンテカルロシミュレーションによる漏水発生模擬実験を提案し、漏水量抑制を目的としたポンプとバルブによる配水コントロール代替案の評価方法を具体的に示した。その結果、ポンプ及びバルブを昼夜別設定値で運転した場合、ポンプ圧一定運転に比べ、漏水量を 20% 削減可能であることが明らかとなった。今後は、対象地域内のバルブ配置位置及び個数を変更した際の漏水抑制効果等について、ケーススタディーを重ねていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 日本水道協会：漏水防止対策指針，1977
- 2) 細井由彦・城戸由能・市平雅美：漏水調査と修理のモデル，環境工学研究論文集，第 36 巻，1999

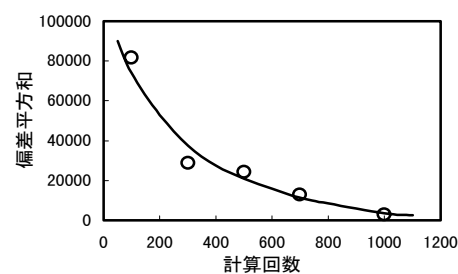


図2 計算回数による違い

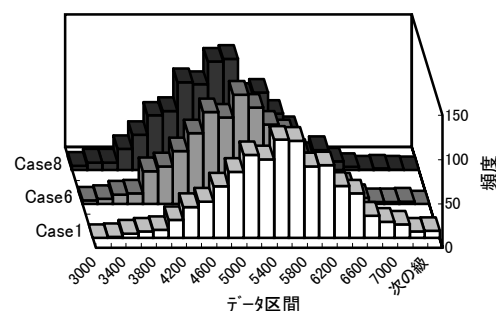


図3 計算結果の分布(1000 回)

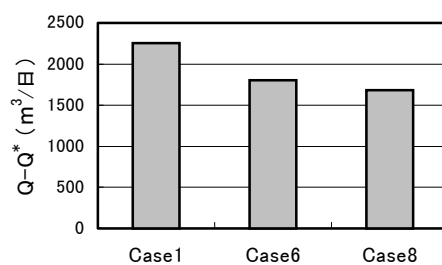


図4 配水地域全体の漏水量