

地域特性を考慮した配水区分割問題に関する研究

京都大学工学部 正 員 吉川和広

鳥取大学工学部 正 員 岡田憲夫

日本道路公団 正 員 岩崎洋一郎

1.はじめに

配水管網の布設を計画する場合、対象とする地域の地盤高や水需要量の量的特性を考慮して布設方式を求めることは重要である。

特に、地盤の高低差が大きな地域を計画の対象とする場合、配水区域をいくつかに分割し配水することが考えられる。そして、各配水区域ごとの配水圧を変えることによって、各配水区域におけるすべての流出点における水圧が許容水圧に近い値を得るような配水管網の布設方式を求めることは、水圧の極端に高い流出点や水圧の極端に低い流出点が少なくなり、水圧の不均衡を是正することになる。これは、利用者である地域住民や、事業主体である地方自治体の双方にとって望ましいことであると言えよう。

しかし、水圧の不均衡を是正するという目的を考慮しないで対象地域を分割して、それぞれの地域ごとに配水管網計画を決定するのでは合理的な布設方式であると言えない。

ここでは、各分割配水区域での流出点水圧値をなるべく均等化しようという目的を達成する手段として、配水区域の分割の方法を考えようとするものである。

本研究では、このような分割方式決定のための数理計画モデルを作成し、このモデルを中心に各流出点での水圧がなるべく均等化されるような配水管網計画を求めることを目的としたプロセス・システムを設定し、実証的な分析を試みる。なお、以下の分析では、高区、低区の2区に分割する方法を取り上げて分析を進めることとする。

2.モデル化のための条件

①対象地域を2つに分割する方法においては、配水区域の分割が道路に沿って行われる。このため、高区、低区の分割線となる道路にはそれぞれの配水区域用のパイプが2本並んで布設されることになり、道路幅の狭い道路では布設工事および維持のための保守点検が困難である。したがって、分割線に採用される道路としてはある程度の道路幅が確保できるような道路で、対象とする地域における道路網の中でも主要幹線道路であることが望ましい。

②対象地域の配水池の建設位置が地域の地形条件等により限定される。このため、この配水池から対象地域の配水管網への接続点、すなわち、流入点の位置も地形条件等によりある程度限定されると考える。また高区の流入点より地盤高の低い流出点位置が高区に含まれることや、低区の流入点より地盤高の高い流出点位置が低区に含まれることは、それぞれ不必要に高い水圧が発生したり、低水圧の流出点が発生する可能性がある。したがって、高区・低区の分割線の決定に当たっては、このような事態がなるべく起こらないようにするために、分割線が各区の流入点を通るように規定することが望ましいと考える。

以上の2つの条件により、実際計算が可能になる程度まで、分割案の数を減少させることができればよい。

3.モデルの定式化

各分割区域での配水管網の設計に当たっては、以下のモデルを用いることとする。

(1)評価関数

各流出点水圧 H_i と許容水圧 H_a との差を取り上げ、この値の二乗和を同一の配水区内の全流出点について総和したものを評価関数として設定した。

$$J = \sum_{i=1}^N |H_i - H_a|^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

(ii) 制約条件

① 流量条件 配水管網の各流出点における流量 Q_i は、その流出点に接続している管路の流量 q_j によってまかなわれなくてはならない。

$$\sum_{j \in J_i} q_j = Q_i \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

ただし、 J_i は流出点 i に接続している管路の集合。

② 水圧条件 配水管網の任意の開ループに關し、その開ループに沿った管路の損失水頭 R_j の和がゼロとならなければならぬ。

$$\sum_{j \in K} R_j = 0 \quad (3)$$

ただし、 $R_j = 0.002 \cdot d_j^{-4.87} \cdot q_j^{1.85}$ ($j=1, 2, \dots, M$)

K は配水管網における開ループの集合。

③ 許容水圧条件 配水管網の各流出点における流出点水圧は許容最低水圧以上でなくてはならない。

$$H_i \geq H_a \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (4)$$

ただし、 $H_i = H_0 - \sum_{j \in D_i} R_j + L_0 - L_i$

D_i は配水管網における流入点から流出点までの任意のルートを示す集合、 H_0 は流入点水圧、 L_0 は流入点地盤高、 L_i は流出点地盤高。

④ 最小管径条件 本研究で対象としている配水管は配水幹線といるため、最小管径 d_0 以上の管径の管路であることが必要である。 d_0 の値は過去の資料にむづき、300mm に設定した。

$$d_j \geq d_0 \quad (j=1, 2, \dots, M)$$

ただし、 d_j は管路 j の管径。

4. モデルの解法

評価関数の変数は H_i であり、モデルの独立変数としては操作上の問題から d_j を用いている。そして、 H_i の d_j に関する偏微分係数 $\partial H_i / \partial d_j$ は H_i が d_j の陰関数の形で与えられていて容易に求まらない。よって、本研究では非線形計画手法の中の直接探索法の1種であるコンプ

レックス法を適用した。

5. 結果の分析

本モデルを京都市の洛西ニュータウンの配水管網計画に適用した結果、次のようなことがわかった。(図-1 参照)

① 流入点水圧が高くなると、最小管径の管路から成る配水管網が解として求まった。

② 流入点水圧と評価関数の関係は、ほぼ比例的であり、水圧の均等化を達成するためには、流入点水圧をもできるだけ低くすることが望ましい。

③ 分割の代替案の中で、2番目の代替案が最も水圧の均等化を達成していることがわかった。(表-1 参照)

なお、実証的分析の詳しい説明については講演時に発表することとし、ここでは省略する。

図-1 洛西ニュータウン配水管網図

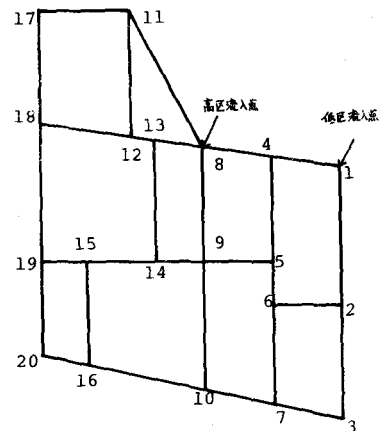


表-1 流出点1個あたりの平均値

分割案	流出点1個あたりの平均値 (m)		
	高区	低区	全体
D-1	349.0	74.3	423.3
D-2	244.3	152.7	397.0
D-3	506.1	137.6	643.7
D-4	332.9	195.1	528.0
D-5	450.4	111.5	561.9
D-6	325.8	144.8	470.6