

大規模宅地開発における配水管網の整備問題に関する研究

京都大学工学部 正 員 吉川和広
 京都大学工学部 正 員 岡田憲夫
 京都大学工学部 〇学生員 岩崎洋一郎

1 はじめに

本研究では配水管網の段階的布設問題を取り上げるとともに、これを非線形モデルの問題として定式化し、その解法と分析結果の検討を試みる。

2 配水管網の段階的布設問題のモデル化

(1)モデル化の前提

① 団地の造成計画の一環として、配水管網をいくつかの期に分けて、段階的に整備していく問題を考える。

② この場合配水管としては、配水幹線のみを取り上げる。なお配水幹線としては100mm以上の管径の管を想定している。

③ 配水幹線の管路網は、既設あるいは計画上の道路網に沿って地下に埋設されるものとし、そのルートは予め決まっているものとする。

④ 管路網を構成される格子内の配水支管の布設方法は、予め決まっているものとし、直接評価の対象とはしない。

⑤ 格子内の人口分布は既知と仮定し、各年度ごとの1人1日最大給水量にその年度の人口を掛けて、当該年度の格子内の全需要量を算定する。

⑥ 配水管が一旦建設されたならば、それより以降の期においては、この配水管をそのまま用い、併設はしないものとする。

⑦ 目的関数としては、各期において建設される配水管網の建設費を最終期の価値に変換した値の全期間にわたる合計値を採用し、これを最小にするような布設方法をモデル化する。

⑧ 制約条件としては、各期において 1)流量条件、2)圧力条件、3)格子点許容最低水圧条件を取り上げこれを定式化する。

(2)配水管網の布設パターンに関する検討

配水管網の段階的布設方法について以下の理由により布設ルートパターンが規定される。i)配水管の布設ルートパターンは道路の建設パターンに原則として従属しておりその建設時期も道路の建設と同時に、あるいはそれより後で行なわれる。ii)本研究では具体的には団地の造成における配水管網の整備を考えているが、団地の造成計画は各工事期に建設する地域、家屋の種類および道路の布設時期が予め具体的に示されている。

さらに各管径の決定方法について、以下の方式を採用する。

(Case I-1) 最終工期において最適となるような管路網の布設方法を予め求め、このような管路網を工事期の第1期目において一括して建設する方式。

(Case I-2) (Case I-1)を求めた管路を予め設定した配水管網の段階的布設ルートパターンに基づいて段階的に建設する方式。

(Case II) (Case I-2)と同じように段階的布設ルートパターンに基づいて段階的に建設していくが、各工期においては、それ以降の工期において布設する管路とすれず、配水管網を布設する。その場合、各期の水需要量の選定の仕方、許容最低水圧の選定の仕方により、以下に述べた3つのケースを考える。

	選定する水需要量	許容最低水圧条件
Case II-1	工事期末需要量	一定値
Case II-2	最終需要量	一定値
Case II-3	最終需要量	変動値

*最終需要量とは、対象地域において需要量がほぼ

一定となった時の需要量

(3)各ケースのモデル化

ここではケースI-1についてモデル化を行なう。他の場合も本モデルを若干修正することにより得られる。

(a)制約条件

①流量条件式

格子点*i*における流出入量が等しいことにより

$$\sum_{i \in I_k^N} Q_i^N = \hat{Q}_k^N$$

I_k^N : 第*N*工期における格子点*i*に接続する管路を要素とする集合

Q_i^N : 第*N*工期において管路*i*に流れる流量(m^3/sec)

\hat{Q}_k^N : 最終需要に基づいて算定された格子点流出流量(m^3/sec)

②圧力条件式

各閉管路*i*において損失水頭の和がゼロであるから

$$\sum_{i \in I_k^N} h_i^N = 0$$

$$\text{ここに } h_i^N = k_i \cdot d_i^{-\gamma} (Q_i^N)^{\alpha}$$

$$k_i = 10.666 l_i, \quad \gamma = -4.87, \quad \alpha = 1.85$$

d_i : 管路*i*の管径(m)

l_i : 管路*i*の管長(m)

③許容水圧条件

許容水圧を P_a^N , 格子点最低水圧を P_{\min}^N とすると

$$P_{\min}^N \geq P_a^N$$

$$\text{ここに } P_{\min}^N = \min(P_1^N, P_2^N, \dots, P_k^N, \dots, P_m^N)$$

$$P_k^N = H_0 - \sum_{i \in I_k^N} h_i^N - H_k$$

(b)目的関数

目的関数としては、管路網の全布設費の最終工期時点での換算費用を取り上げ、これを最少にする方法を求める。これは

$$W_j = \sum_{i=1}^m \{ \alpha (d_i^N)^{\beta} + \delta \} l_i \Rightarrow \min$$

これを第*N*工期時点の費用に換算して

$$Z_j = W_j (Hr)^{N-1} = \sum_{i=1}^m \{ \alpha (d_i^N)^{\beta} + \delta \} l_i (Hr)^{N-1}$$

α, β, δ : 定数 r : 利率

同じようにして求めた $W_1 \sim W_3$ の各ケースと比較して、最も望ましい解を求める。

3. モデルの解法

本モデルは非線形制約条件であり、かつ目

的関数も非線形である非線形計画問題である。よって本研究では、最大傾斜法およびペナルティ関数法を併用した。

4. 結果の考察

本モデルを、京都市の洛西ニュータウンの造成計画の一環である配水管網布設計画に適用し、その実証的な検討を試みた結果以下のような結果が得られた。

①換算費用を比較すると Case I-2 の方式がパターンA, パターンB の両方とも、最も望ましいことになった。

②第1期目の許容水圧条件の設定の仕方が、最終的な解の良否、つまりは解の実行可能性をも大きく支配していることがわかった。

③パターンBの方が、パターンAの方より有効水頭の均等化の側面では有利であることがわかった。

④パターンBの方が、水圧均等化の面および費用の面双方に照らして判断した場合、むしろパターンAよりすべれていると考えられる。(双方の費用の差はたかだか1300万円であるが、水圧のばらつきはパターンAの方がきわめて大きい。)

表-1 換算費用の比較表

	I-1	I-2	II-1	II-2	II-3		
					a	b	c
1	336	103	71	75	105	105	105
2	-	89	46	46	185	119	96
3	-	81	X	X	63	81	81
4	-	39	X	X	35	35	42
s	336	313	-	-	388	340	324

	I-1	I-2	II-1	II-2	II-3
1	346	144	125	138	148
2	-	83	58	69	69
3	-	58	X	X	49
4	-	42	X	X	X
s	346	326	-	-	-

図-1 洛西ニュータウン 配水管網図

