

人口減少を考慮した水道送水管ネットワークの更新

社会開発システム工学科 環境計画研究室 南輝晃

背景・目的

現在、高度経済成長期に布設された水道管が寿命を迎え、更新する時期を迎えているが、財政的に、一度に多くの管を更新できない。

人口減少 → 水の需要が減少することを考慮しなければならない。

目的

配水池による配水区域間での水の融通性、将来の人口減少に伴う水の需要、管の破損率の変化を考慮し、予算の制約のもとで送水管の最適な更新順位を検討する。

研究の流れ

- ・管の破損率の予測
- ・需要水量の予測
- ・目的関数・制約条件の定式化



Excelのソルバー機能を使った計算



最適解を得る



考察

目的関数・制約条件

目的関数

$$\max_{x_i^\tau} \sum_{m,t} E[q_{m,t}] = \max_{x_i^\tau} \sum_{m=1}^M \sum_{t=2}^T \left[\prod_{i \in m} \exp \left\{ -\beta_{i,t}^0 (L_i - \sum_{j=1}^{t-1} x_i^j) \right\} + \sum_k \alpha_{k,m} \prod_{i \in k} \exp \left\{ -\beta_{i,t}^0 (L_i - \sum_{j=1}^{t-1} x_i^j) \right\} \right] q_{m,t}$$

制約条件

$$s, t \sum_i c_i x_i^\tau \leq C^\tau \quad C^\tau : \tau \text{ 期の更新予算}$$

x_i^τ : リンクiの τ 期に更新される延長(km)

L_i : リンクiの管長(km)

$E[q_{m,t}]$: m配水池のt期における充足水量(m³)

c_i : リンクiの1km当たりの更新費用

$\beta_{i,t}^0$: リンクiのt期における破損率(件/km・年)

$\alpha_{k,m}$: k配水池からm配水池区域に融通できる割合(%)

$q_{m,t}$: m配水池区域のtにおける需要水量(m³)

検討するシナリオ

人口	融通率	シナリオ	説明
1 人口減少	各配水池ごとに設定	シナリオ1	人口：実際に予測した人口減少のデータ。 融通率：各配水池に設定した融通率(10%~30%)。
2 人口変化なし	各配水池ごとに設定	シナリオ2	人口：2010年の人口のまま変化しないと考える。
3 人口減少率大	各配水池ごとに設定	シナリオ3	人口：2010年の人口から每期0.8を乗じる。
4 人口減少	融通率大	シナリオ4	融通率：全ての配水池間の融通率を50%に設定。
5 人口減少	なし	シナリオ5	融通率：全ての配水池間の融通率を0に設定。

シミュレーション結果・考察

表1 シナリオ1の更新順序と延長(km)

	I期	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	計
リンク1	0	0	2.3033	2.8145	0	0	0	0	0	0	5.1178
2	1.5041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5041
3	0	1.3515	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3515
4	1.3564	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3564
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	4.4179	0.4833	0	0	0	0	0	0	0	4.9012
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.5402	3.1331	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6733
9	3.5033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5033
10	0	0	6.1758	0	0	0	0	0	0	0	6.1758
計	6.904	8.9025	8.9624	2.8145	0	0	0	0	0	0	27.5834

- 1) 全てのシナリオにおいて、1期目では管長の短い管が、短期間かつ低予算で充足水量を増加させることができるため、リンク2,4,8,9が選定された。管長の長いリンク1や10は後に更新される。
- 2) シナリオ1,2,3において、人口変化の程度が違えば、予算の額に変化があり、更新することのできる距離や更新にかかる期間に影響がある。
- 3) シナリオ1と4,1と5において、配水池間の水の融通率を変化させた場合、更新順序や更新距離に変化はない。