

水道システムにおける更新管路の優先順位に関する考察

公共システム研究室 八木基裕

1. 背景と目的

高度経済成長期に多くの水道システムが建設されて以来 40 年が経過しており、老朽化が進んでいる。それらを放置しておく、水道システムの機能の低下が予期されるため、更新を行う必要がある。しかし、更新には多大な費用がかかるため、戦略的な優先順位の決定が必要となる。そこで、本研究では、ライフサイクルコスト(以後、LCC)を最小にする計画を導出するモデルを構築し、実務において提案されている更新の優先順位の決定では LCC の最小化を達成し得ない場合があることを示し、その要因を分析する。

2. 更新モデル

構成要素の集合を G とし、任意の構成要素を $n(n \in G)$ で表す。構成要素 n の劣化状態を i_n で表す。 i_n は $s+2$ 個の状態 $(0, 1, \dots, s+1)$ のうち一つの状態にあるとする。ここで 0 は、新品同様の状態、すなわち、更新済みであることを $1 \dots s+1$ は番号が大きいほど劣化が進行していることを示している。任意の時期から次の期に劣化状態が確率的に推移する。前者における劣化状態が i_n で次期のそれが j_n である確率を $p_n(j_n|i_n)$ で表す。水道システムの任意の状態を $I=(i_1, i_2, \dots, i_N)$ 、水道システムの状態が I であるときのライフサイクルコストを $V(I)$ 、構成要素 n の更新費用を $c_n(I, S)$ 、運転費用を $l_n(I)$ 、更新する要素の集合を S 、割引因子を $(0 < \alpha < 1)$ で表す。すると、更新モデルは以下のように定式化される。

$$V(I) = \min_{S \in G} \left[\sum_{n \in S} c_n(I, S) + \sum_{n \in G \setminus S} l_n(I) + \beta \sum_{j_1=i_1}^{s+1} \sum_{j_2=i_2}^{s+1} \dots \prod_{n \in G} p_n(j_n|i_n) V(J(S)) \right] \quad (1)$$

3. 実務の現状

社団法人日本水道協会による「水道施設更新

指針」¹⁾では、評価項目に点数をつけ、図 1 のように更新する管路の優先順位を決定している。

図 1 は、() 重要度が同じであれば、より劣化している管路を更新する、() 劣化状態が等しければ重要度の高い方を優先的に更新することを意味している。

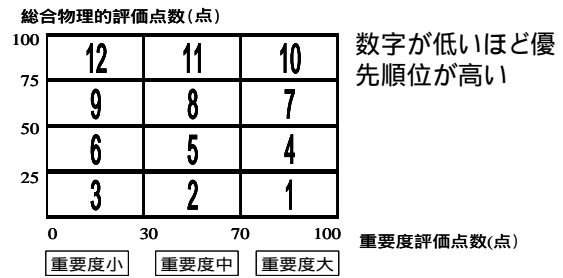


図 1. 更新管路の優先順位

4. 分析結果

(1)式に示す更新モデルに数値を入力した結果(ケース A~D)を以下の図 2 に示す。

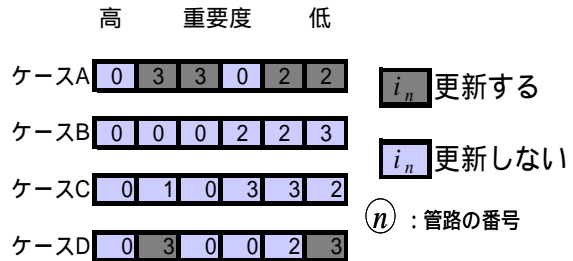


図 2. 計算結果

ケース A と B の i_n に注目する。B では劣化状態が 3 にもかかわらず更新をしないが A では劣化状態 2 で更新しており、実務での考え方() と対立する。次に、C の i_n と D の i_n に注目すると、D では重要度が低いにもかかわらず更新を行っているが、C では、より重要度が高いにもかかわらず更新をしないという結果が得られており、実務での考え方() と対立する。これらは、管路の間の機能の相互関係によるものと考えられる。

[参考文献]

1) 日本水道協会:水道施設更新指針,2005。