

### 配水本管の漏水事故シミュレーションによる事故影響の分析

首都大学東京 学生会員 ○阿部 豊, 正会員 稲員とよの  
首都大学東京 正会員 國實 誉治, 荒井 康裕, 小泉 明  
東京都水道局 正会員 橋本 英樹, 吉澤 健太郎

#### 1. はじめに

水道管路は経年劣化によって漏水事故が起きる可能性があるため、継続的な更新が必要となる。わが国では多くの管路が高度経済成長期に集中的に整備されており、管路の老朽化とその更新が問題となっている。面的に広がっている管路の更新には莫大な費用と期間を要し、より効率的な更新計画を立案するためには、どの管路から更新すべきかといった「更新優先度」について検討する必要がある。

配水管のうち、給水分岐を持たない配水本管（口径φ400以上）は、人々の生活に必要な不可欠な水を継続的に給水する役割の中心を担い、配水本管において漏水事故が発生した際には人々に多大な被害を与える。多くの配水管路は代替管路による配水を考慮して網目状に整備されているが、配水区域内の需要分布は一様でないため、事故の発生位置によって影響範囲が異なると考えられる。本稿では、管網解析を援用して事故発生が及ぼす水理的影響を定量化するとともに、水道利用者への影響も考慮した総合的な更新優先度の提案を試みる。

#### 2. 配水本管ネットワークモデルによる解析方法

一般に、配水管網内の管路事故により断水が発生すると、代替する管路の水量増加に伴い配水圧力の低下が懸念される。すなわち、需要点圧力(節点圧力)が低下し、通常時の給水量(需要水量 $Q_{ri}$ )が確保できない場合がある。そこで、需要水量が確保できなくなる節点圧力を閾値と呼び、圧力から配水可能水量 $Q_i^s$ を算出する。なお、閾値は対象配水管網における通常時の最小圧力とする。また、需要水量合計と配水可能水量合計の差を「減水量」( $\Sigma Q_{ri} - \Sigma Q_i^s$ )と呼ぶ。

まず、図1に示すK配水区域の配水本管ネットワークモデルにおける事故件数を推定する。図1中の●は需要水量のある節点を示し、○は路線の分岐点または中継点を示す。各路線は埋設後の経過年数が異なる管路で構成されているため、経過年数をパラメータとする事故率曲線<sup>1)</sup>を用いて推定した事故件数(事故率×管路延長)の和を当該路線における事故の起こり易さの指標として「推定事故発生確率」と定義する。

図2を見ると、中流側および下流側の路線に比べて、上流側の路線では推定事故発生確率が低い傾向にある。これは、推定事故発生確率を算出する際に使用する平均経過年数(最小9年,最大49年)の違いが大きく影響している。つまり、今回対象としたK配水区域では、配水本管ネットワーク内で重要と考えられる上流側の路線は、平均経過年数が小さい傾向にあることが確認された。

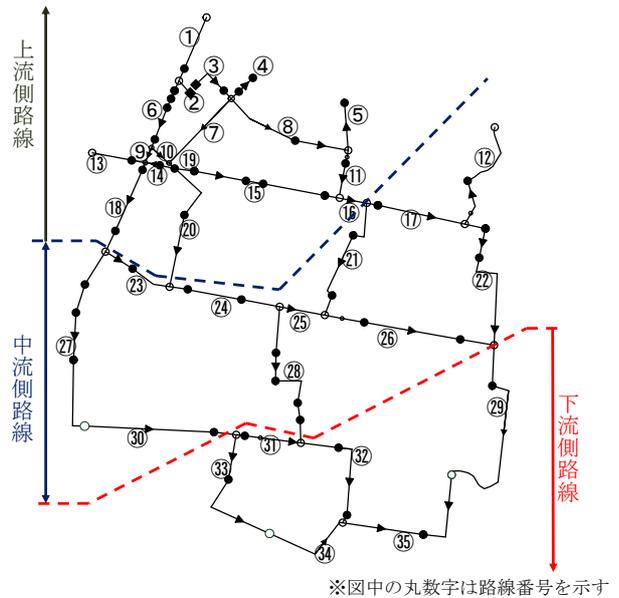


図1 対象とした配水本管ネットワーク

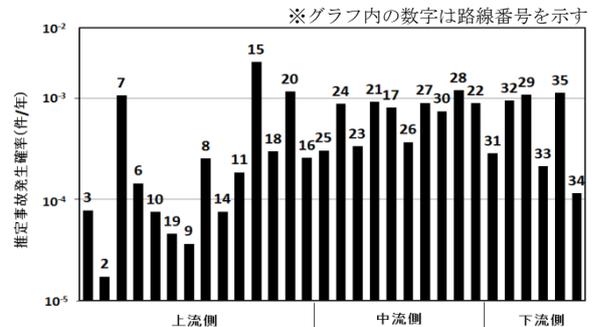


図2 各路線の推定事故発生確率

【キーワード】 配水本管, 漏水事故, 管網解析, 水圧低下, 被害影響評価, 更新計画

【連絡先】 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL.&FAX.042-677-2947

3. 解析結果と更新優先度の提案

配水本管ネットワーク内の路線(k)での管路事故による断水を想定した管網解析を行った。その際、路線番号1,4,5,12,13の5路線に関しては、管網末端部の行き止まり路線となるため対象外とした。図2に示した推定事故発生確率(k)と、管網解析より得られる路線(k)の事故における減水量(k)より、ネットワーク構造における減水量と管路事故が水道利用者へ与える影響指標の一つとして「事故危険度」を(1)式で定義し、算定結果を図3に示す。

$$\text{事故危険度}(k) = \frac{\text{推定事故発生確率}(k)}{\sum \text{推定事故発生確率}} \times \frac{\text{減水量}(k)}{\text{需要水量合計}} \times 100 \dots\dots (1)$$

図3を図2と比較すると、図2において上流側は新しい管路の比率が高く推定事故発生確率が低い傾向にあるが、減水量を考慮した図3を見ると、上流側に危険度が高い路線があることが分かる。例えば、配水池直下に位置し通常時流量の大きい路線3が断水すると、代替路線における流量増加が下流側の節点圧力低下を招いて管網全体へ大きな影響を及ぼすことにより、路線3よりも推定事故発生確率が高い路線6に比べ、事故危険度が10倍以上も高くなる。

つぎに、配水本管における上記の水理的影響は、配水本管節点から配水小管を經由して給水される水量に対応した水道利用者が受けるため、路線(k)の事故による水道利用者の分布状況を考慮した指標として「被害影響度」を(2)式で定義する。

$$\text{被害影響度}(k) = \sum \left( \frac{\text{節点の給水人口}}{\text{総給水人口}} \times \frac{\text{節点の減水量}}{\text{節点の需要水量}} \right) \times 100 \dots\dots (2)$$

最後に、事故危険度と被害影響度の双方を考慮した総合的な更新順序指標を提案する。路線(k)の事故危険度と被害影響度をそれぞれ4段階のランクに分け、表1に示すマトリクスに配置することで路線(k)の「更新優先度」を決定する。最も危険度および影響度の大きい左上のグループが最も更新優先度の高い路線(優先度1)であり、マトリクス表の右下にいくにつれて優先度が低くなる7段階に分類される。得られた更新優先度の順に路線を更新する場合の更新管路延長と被害影響度の関係を図4に示す。図中矢印の傾きが大きいほど更新管路延長に対して被害影響度の削減効果の高いことを示す。

本稿で提案する更新優先度を用いることにより、配水本管ネットワークの構造や水道利用者の分布状況を考慮した新たな評価手法を提案することが出来た。

4. おわりに

本稿では、総合的な更新優先度評価の提案を目的に、事故危険度と被害影響度を用いた分析を行った。まず、事故率曲線より配水本管路線における事故発生確率を推定し、上下流の関係を把握した。つぎに配水本管ネットワークモデルを用いた管網解析により、事故路線ごとの水理的影響を減水量として算定した。最後に、事故危険度と被害影響度を総合化した更新優先度を提案し、整備効果の高い更新計画を立案できることを明らかにした。

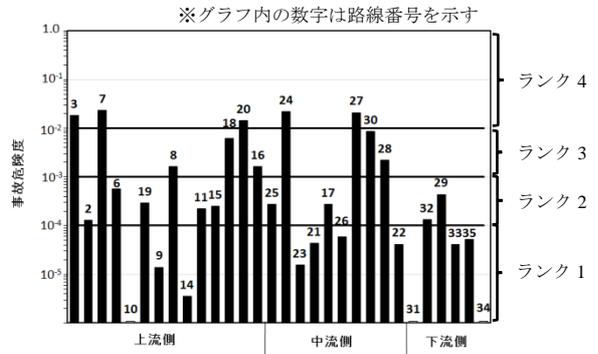


図3 各路線の事故危険度

表1 ランクによる更新優先度マトリクス表

		事故危険度(ランク)			
		4	3	2	1
被害影響度(ランク)	4	7,24,27,3	18		
	3	20	8,16,30	6,19,2	
	2		28	29,25,17,11	9
	1			32,15	33,26,35,21,22,23,14,31,34,10

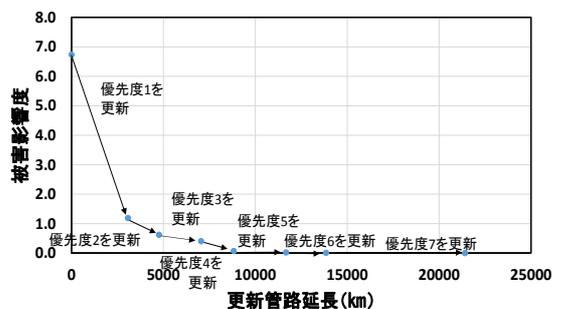


図4 更新管路延長および被害影響度の推移

【参考文献】1) 國實誉治, 稲員とよの, 森永拓, 小泉明, 田村聡志, 佐藤清和, 馬野仁史: 配水管路の事故危険度に関するGIS評価システムの構築, 土木学会論文集G, Vol.69, No.7, III\_355-III\_361, 2013