

情報の少ない水道事業体における管路の劣化予測手法

環境計画研究室 岸本 雅史

1. 本研究の背景と目的

我が国では高度成長期に布設された上水道の管路が今後 10~20 年で法定耐用年数を迎え、大量更新時代を迎える。需要者の求める水道サービスを持続的に供給するためには管路の適切な維持管理や更新が必要となっており、施設の健全性・安全性を簡便かつ定量的に診断・評価する技術の研究開発が喫緊の課題の一つとなっている。

管路の劣化予測手法の一つとして、大規模事業体で作成している予測式を用いて予測する方法がある。しかしこれらの予測式を用いるためには多数の埋設環境データが必要で、大規模な調査が必要となるため中小規模事業体では適切な維持管理が難しい。

本研究では多くの埋設環境データを持っていない中小規模事業体が少ない情報でも活用できる管路維持計画の支援システムの提案を目的とする。

2. 文献考察

水道管路の機能劣化に関する既存研究まとめ

鉄系パイプの国内の寿命予測手法は、埋設期間 T (年) から腐食量 η (mm) を求める腐食予測式「 $\eta = k \cdot T^\alpha$ 」を用いて腐食深さを算出し、その後、規格管厚から残存管厚を求め、残存管厚から管厚計算式を利用し老朽度ランクを評価する手法が一般的である。ただし、この手法は k や α を統計的に求めるために多数の埋設環境データが必要であり、比較的大規模な調査が必要となることから、大規模事業体を中心に採用されているが汎用的ではないことが課題である。

樹脂系パイプについては、埋設年数が長くなると劣化度が高くなる傾向があるようだが、一般的な劣化予測手法は確立されていない。

管材料を限定していない文献としては、「 t 年後における管路 1km 当たりの事故件数」を表す式として

$$N(t) = N(t_0)e^{A(t-t_0)}$$

ベイズ統計を用いた破損に関する既存研究まとめ

中根(2010)の研究では故障数が少ない場合でもベイズ推計を利用することで経過年数に対する信頼度曲線を得ることができることを確認することができた。

能島ほか(2001)の研究では地震時緊急対応に関するモデルであったが、情報が手に入るたびに予測結果を更新していくという過程は管路の劣化予測に応用できると考えられる。

3. ベイズ統計

事象 A と事象 B が同時に起こるときの条件付き確率の式は、 $P(A \cap B) = P(B|A)P(A)$ と表せる。

これを式変形すると次のことが成り立つ。

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)P(B)}{P(A)}$$

調査によって得られるデータは連続的な値をとるため確率を確率分布に解釈しなおすと次のように書き換えられる。
$$\pi(\theta|D) = \frac{f(D|\theta)\pi(\theta)}{P(D)} = k \cdot f(D|\theta)\pi(\theta)$$

ここで D は既に持っている確率情報、 θ はデータを分析するために導入した確率分布の母数である。

条件付き確率の式から求められるこの式をベイズ統計学の基本公式とする。事前分布と尤度を仮定した下で、それを掛け合わせることで事後分布を与える。ベイズの定理を用いることで新たに入手したデータを取り入れることが容易になる。

4. 管路の劣化予測手法の提案

水道事業体のもつ情報量に応じて場合分けし、ケース毎に予測手法の提案を行った。

5. ケーススタディー

実際の破損のデータが得られなかったため、乱数を用いて破損のデータを作成し、そのデータからケース毎に提案した管路の劣化予測手法の効果を確認した。その結果、破損率は破損データに従って修正することができた。

図 1 はベイズの定理を用いて修正を行った結果の一つで、実線で示される事前分布から求められる埋設年 t における破損率 λ から点線で示される事後分布から求められる破損率 λ' に修正された。

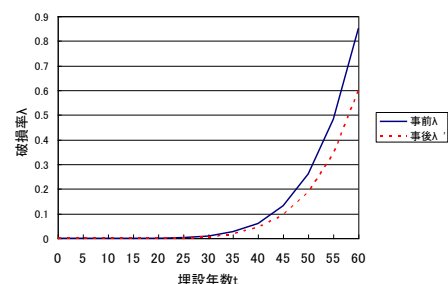


図1.埋設年tにおける事前の破損率 λ と事後の破損率 λ'

6. 結論

従来の方法では管路の更新について経験的に判断し、年度ごとに改良対象路線を決定して布設替等による改良を進めていた。これは経験的な判断に基づくため必ずしも効率的とはいえず、より確実な更新方法の確立が必要であった。

今回提案したベイズの定理を利用した方法は、毎年更新される破損データに基づいた管路の破損率の算出が容易にできるようになり、過去の課題を解決できたといえる。また水道事業体が入力した情報量によって情報量に応じた予測ができるため、情報の少ない水道事業体でも管路の劣化予測手法として活用することができる。