

情報の少ない水道事業者における水道管の破損予測手法

環境計画研究室 廣戸樹里

1. 背景・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 40 年を迎える。老朽管率が増加していく中で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であり、管路の維持管理を適切に行うためには施設の健全性・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。そのような中で、管種・管径などの管情報が不足、管年齢情報が不足、埋設条件の情報が不足、破損データの蓄積がないなど、情報の不十分な中小規模事業者でも活用できる管路維持計画支援システムの提案を目的とする。

2. 先行されている破損率予測式

埋設環境データが十分にある場合の通常の破損率予測式はつぎのようになっている。

$$\lambda = C_1 C_2 C_3 a t^b$$

λ : 破損率(件/km 年)

t : 埋設年数

C_1 : 仕様別補正係数

C_2 : 口径に関する補正係数

C_3 : 地盤条件に関する補正係数

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確率の式は、 $P(A \cap B) = P(B|A)P(A)$ と表すことができる。これを変形すると次のことが成り立つ。

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

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分布に解釈しなおすつぎのように書き換えられる。

$$\pi(\theta|D) = \frac{f(D|\theta)\pi(\theta)}{\int_{\theta} \pi(\theta)f(D|\theta)d\theta} \propto f(D|\theta)\pi(\theta)$$

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。事前分布を尤度と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破損データを取り入れることが容易になる。

4. 研究方法

本研究では先行されている破損率予測式をもとに、自らの観測データを活用して順次事業者にふさわしい予測式へと更新していく方法を、GLM 推定とベイズ推定を用いて検証した。GLM 推定は自事業者の破損データのみ分かっている場合に用い、埋設年

数以外の情報がある場合と、埋設年数に関する情報がある場合についての手法を提案し、ケーススタディにより検証を行った。またベイズ推定は自事業者の破損データに加え、事前情報がある場合に用い、管路延長の情報が得られている場合と、管路延長と埋設年数が得られている場合についての手法を提案し、ケーススタディにより検証を行った。ケーススタディには作成した破損データと実データそれぞれ 10 年分を用いた。

5. ケーススタディ

乱数を用いて作成した破損データと、実データとして広島市の破損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検証した。その結果、先行されている破損予測式をもとに情報の少ない事業者にもふさわしい予測式を得ることができた。

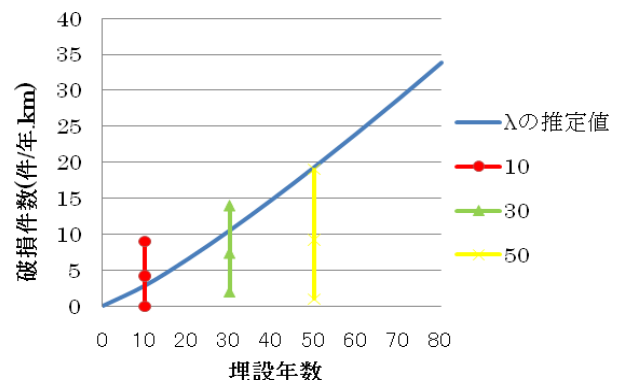


図 1. λ の推定値と観測値の比較

図 1 はベイズの定理を用いて破損率 λ の推定を行い、推定値と観測値の比較を行った結果の一例である。曲線は作成したデータのうち管路延長と埋設年数のみが既知の場合の推定値を示し、プロット点は埋設年数 10 年、30 年、50 年のときの観測値を示す。図 1 より、ほぼ妥当な推定が行えたことが分かる。

6. 結論

それぞれの水道事業者のもつ情報量に応じて場合分けすることで、情報の少ない事業者でも管路の劣化予測が可能になり過去の課題を解決することができたと言える。しかし実データを用いて事前情報を取り込まない GLM 推定を行った場合については、妥当な推定結果得ることができなかった。これは実データによる破損数のばらつきが原因であると考えられる。このように破損数にばらつきがある場合には GLM 推定は難しく、事前情報を取り込み更新していくことができるベイズ推定を用いることが適切であることを確認することができた。