

〈研究発表〉

水道管路のライフサイクルコスト評価と最適更新時期決定

高橋 信 補¹⁾, 武 本 剛²⁾, 足 立 進 吾¹⁾¹⁾ 株式会社日立製作所 研究開発グループ

(〒 244-0817 横浜市戸塚区吉田町 292 番地, E-mail: shinsuke.takahashi@hitachi.com, shingo.adachi.fc@hitachi.com)

²⁾ 株式会社日立製作所 サービス & プラットホームビジネスユニット

(〒 319-1293 茨城県日立市大みか町 5 丁目 2-1, E-mail: takeshi.takemoto.ay@hitachi.com)

概 要

水道事業者が所有する漏水事故履歴データ, 配水管の属性データ, 管路の敷設替えコストデータなどから漏水事故 1 件当たりのコストや事故率曲線を算出し, これらを用いて供用年数の関数として管路のライフサイクルコストカーブを求めた。更に, 同コストを最小にする経済的な更新時期を算出した。最適更新時期は管種 VP で 40 年から 50 年, 管種 SP で 45 年から 50 年になり, 法定耐用年数に近い結果となった。

キーワード: 管路, 最適更新時期, ライフサイクルコスト, 漏水, 事故率

原稿受付 2017.6.30

EICA: 22(2・3) 68-70

1. はじめに

高度成長期に埋設した大量の管路が更新時期を迎えようとしている。一方, 人口減少に起因する水道料金収入減少が水道事業者の収益圧迫の要因になっている。このような厳しい財政環境下のもとで, 管路の効率的な更新が求められている。

本研究では, 水道管路のライフサイクルコスト (LCC: Life Cycle Cost) の定式化手法, 及び, 導出 LCC 曲線に基づく最適更新時期決定手法を提案する。更に, 事業者実データを用いて, 管路種別, 口径別の LCC 曲線, 最適更新時期を導出し, 算出結果について考察する。

2. 管路のライフサイクルコスト曲線の導出

Fig. 1 に, LCC 曲線の導出と最適更新時期決定の考え方を示す。グラフの横軸は供用年数, 縦軸は単年度コスト (累積コストを供用年数で割ったもの) を示

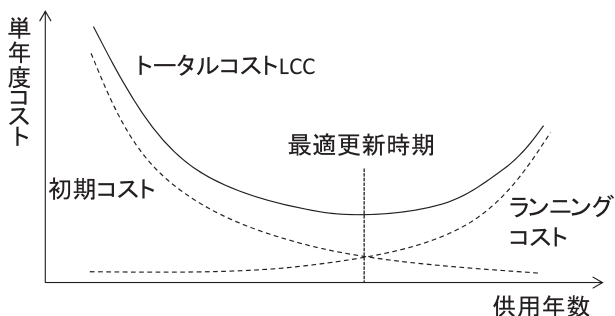


Fig. 1 Calculation of Life Cycle Cost and Determination of Optimal Replacement Timing

す。図で初期コストとは, 管路の敷設替えコストを供用年数で割ったものであり, 供用年数増加に対して単調減少する。一方, ランニングコストは, 漏水損失コスト, 管路修繕コストなどから成る維持管理コストの累積値を供用年数で割ったものである。古い管路ほど事故件数が増加するので, ランニングコストは供用年数増加に対して単調増加する。LCC は, これらのコストの和で計算される。LCC が最小となる供用年数が存在し, これが最適更新タイミングになる。

初期コスト CI を, 評価対象管路の敷設替えコスト Cr と供用年数 T から, 次式で計算した。

$$CI = \frac{Cr}{T} \quad (1)$$

ここに, CI : 単年度初期コスト (円/km/年), Cr : 敷設替えコスト (円/km) (管種や口径に依存), T : 供用年数 (年) である。

ランニングコストは, 次式で計算した。

$$CR = \frac{\sum_{t=1}^T (C_{0\text{repair}} + C_{0\text{suspension}} + C_{0\text{inundation}} + C_{0\text{leakage}}) \cdot R(t)}{T} \quad (2)$$

ここに, CR : 単年度ランニングコスト (円/km/年), $C_{0\text{repair}}$: 漏水事故 1 件当たりの修理コスト (円/件), $C_{0\text{suspension}}$: 漏水事故 1 件当たりの断水補償コスト (円/件), $C_{0\text{inundation}}$: 漏水事故 1 件当たりの浸水補償コスト (円/件), $C_{0\text{leakage}}$: 漏水事故 1 件当たりの漏水損失コスト (円/件), $R(t)$: t 年目の漏水事故率 (件/km/年), T : 供用年数 (年) である。

評価対象管路のLCCは、式(1)と式(2)の和で求められる。しかしながら、コストの時間価値が考慮されていないという問題がある。そこで、これを考慮した厳密な計算をするため以下の式を活用した。

$$LCC = \left(C_r + \sum_{t=1}^T \frac{(C_{0repair} + C_{0suspension} + C_{0inundation} + C_{0leakage}) \cdot R(t)}{(1+i)^t} \right) \cdot \frac{i}{1 - (1+i)^{-T}} \quad (3)$$

ここに、 i : 割引率である。割引率は将来価値を現在価値に割り引くための定数である。右辺の最後の項は、資本回収係数と呼ばれるもので、トータルLCCを、時間価値を考慮して単年度LCCに換算するための係数である。ここでは、割引率として厚生労働省の水道事業の費用対効果分析マニュアル内で利用されている社会的割引率4%を適用した。また、管路敷設替えの工事は初年度のみ実施されるとした。

3. 実データによる評価

配水管の属性データ(埋設年、管種、口径、延長など)、漏水事故履歴データ(漏水事故発生年、修繕コストなど)を用いて、管種(VP, SP)、口径(50 mmから150 mm)ごとにLCC曲線を導出した。また、LCCが最小となる供用年数(最適更新時期)を求めた。

Fig. 2に、実データから求めた管種SP、口径75 mmの漏水事故率 $R(t)$ (式(2)の中で活用)のグラフを示す。供用年数35~40年までが実績値(実データに基づく計算値)で、それ以降は予測モデルによる予測値である。供用年数と共に事故率が上昇しているのがわかる。この事故率データと漏水事故1件当たりの漏水損失コスト(375万円/件)、修繕コスト(21万円/件)の情報を用いて計算したLCC曲線をFig. 3に示す。LCC最小となる供用年数は50年となった。

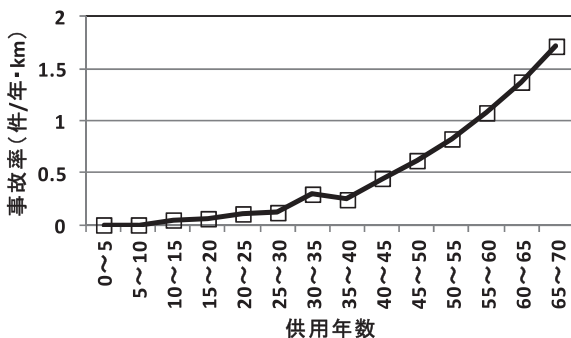


Fig. 2 An Example of Leakage Incident Rate Curve (Pipe Material: SP, Pipe Diameter: 75 mm)

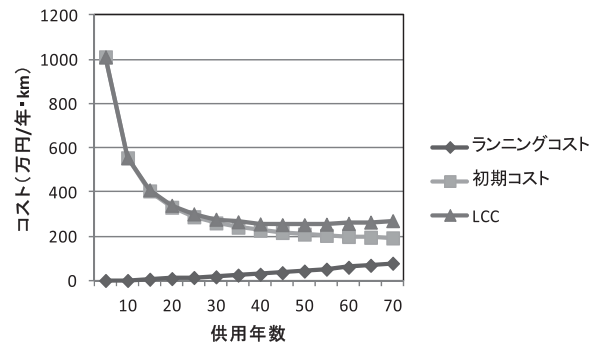


Fig. 3 An Example of Life Cycle Cost Curve (Pipe Material: SP, Pipe Diameter: 75 mm)

Table 1 Optimal Replacement Timing for Pipes with Various Materials and Diameters

	VP (50 mm)	VP (75 mm)	VP (100 mm)	VP (150 mm)	SP (75 mm)	SP (100 mm)	SP (150 mm)
敷設換えコスト (万円/km)	3000	4500	5000	7700	4500	5000	7700
漏水コスト (万円/件)	267	375	375	375	349	349	349
修理コスト (万円/件)	16	21	21	21	23	23	23
割引率 (%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
最適更新時期 (年)	45	50	40	45	45	45	50

Table 1に、同様の方法で、管種VP(口径: 50 mm, 75 mm, 100 mm, 150 mm)、管種SP(口径: 75 mm, 100 mm, 150 mm)のLCC曲線を導出し、最適更新時期を算出した結果を示す。本計算においては、管種VPでは、最適更新時期は40年目から50年目、SPでは、45年目から50年目となり、法定耐用年数に近い結果が得られた。

各種コストや割引率など変化させる感度分析も実施した。漏水損失コストや管路修繕コストから成るランニングコストを5割減少させることで、更新時期は5~10年ほど後ずれした。また、同コストを5割増加させることで更新時期は5~10年ほど前倒しになった。また、割引率を実感に近い2%に変化させたところ、5年~10年更新時期が早まるという結果となった。

4. おわりに

水道管路のLCC曲線の導出手法、それに基づく最適更新時期決定手法を提案した。実データに基づく評価で、算出最適更新時期は、ほぼ法定耐用年数に近くなるという結果が得られた。

今回の分析では法定耐用年数に近い結果となったが、設定条件(漏水率水準など)によっては、更新時期の延長が可能になる場合があると考えられる。そのような管路を見出し、長期に利用することで、管路コスト

の削減が図れるものとする。

参考文献

- 1) 高橋信補ほか：ライフサイクルコスト評価に基づく水道管路の最適更新時期決定手法, 土木学会論文誌 G, Vol. 72, No. 1, pp. 1-10 (2017)