

寒冷地トンネルの覆工点検データによる覆工の劣化過程の同定

○岩田地崎建設(株) 土木部 正会員 須藤 敦史
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 三上 隆
 (独)土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 京
 (独)土木研究所寒地土木研究所 正会員 西 弘明
 岩田地崎建設(株) 技術開発部 正会員 河村 巧

1. はじめに

北海道では昭和30年代後半から道路整備に伴う山岳トンネルの建設が進んでいるが、最近の社会・経済環境よりトンネルの新設は難しいため効率的かつ経済的なメンテナンス・維持管理が求められるようになる。

そこで予防保全の考え方により計画的な維持管理を行うライフサイクルマネジメント(Life Cycle Management: LCM)や社会資本を資産と見なすストックやアセットマネジメントの検討が行われている¹⁾など

本研究は寒冷地のトンネルにおいて LCM およびストックマネジメントを遂行する上で不可欠なトンネル覆工の性能水準の推移(劣化)過程の同定を目的として北海道小樽地区における 68 カ所で実施された覆工の目視点検データの中からひび割れを用いて試みている。

2. 覆工コンクリートの劣化過程

一般にトンネル覆工の劣化過程(性能推移)をモデル化すると図-1 に示すように経過年数 t_i と覆工コンクリートの劣化度(性能関数) $Q(t_i)$ との関係として表され経過年数 t_i における劣化度の分布は $P(t_i)$ となる。

トンネル覆工の劣化過程を同定するには同一トンネルにおいて定められた点検・調査間隔(時間・空間的)とその方法により、数多くのデータを収集・蓄積する必要

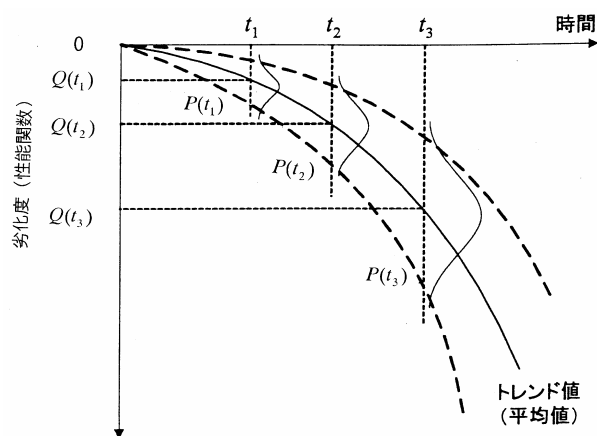


図-1 覆工コンクリートの(性能)劣化モデル

があるが実際に多くの点検データより覆工の経年劣化の推移過程として求めた事例がないのが現状である。そこで、現在実施されているトンネル覆工の目視点検データ等に基づいて覆工の劣化予測を確率・統計的手法を用いて行わざるを得ないのが現状である。

一方、トンネル覆工の劣化度はa)ある地域のトンネル群における平均的な劣化度を予測する場合とb)個々のトンネル覆工における劣化・損傷を予測する場合とに大別されるが、本研究では、トンネルの目視点検データ等により得られた(集計的)情報から覆工の劣化過程(性能関数)を統計的に同定するものである。

3. 時間に依存した劣化過程

山岳トンネルにおける覆工性能の劣化過程のような時間に依存した現象・事象を説明する理論的背景もまだ完全に確立されていない。

しかし、このような考え方としてマルコフ(連鎖モデル)過程²⁾が挙げられ、最近ではコンクリート構造物(梁・床版)を小領域に分割した劣化進行過程をマルコフ連鎖で表した解析・検討が行われている³⁾が、これらはサンプルを数え上げることにより集計的に劣化過程を推定しているものである。一方、目視点検データから個々の施設に対する劣化過程を推定する手法⁴⁾⁵⁾があるが、一般的な構造物におけるマクロ的な劣化予測に適用する場合には、何らかの平均化操作が必要となる。

4. 目視点検データによると覆工性能の経年劣化

覆工性能における劣化進行度は連続した値であるが、トンネルの点検は一般的に3年～10年程度の間隔で行われることが多く、また健全度は数値やアルファベットによる離散データ(レーティング値)になり加えて点検の実施回数も少ないのが現状である。

本来ならば劣化進行度は個々の覆工における時間推移で示さなければならないが、このような観測・点検データが存在しないため、点検したトンネルの建設年代を覆工における経過年数とみなして経年劣化を求めた。

キーワード: 寒冷地トンネル, アセットマネジメント, トンネル覆工劣化曲線, 確率過程

連絡先 (〒105-848 東京都港区新橋 5-11-3 TEL03-3436-3176 FAX03-3438-4486 E-mail a.sudou@iwata-gr.co.jp)

5. トンネル覆工の劣化モデル

トンネル覆工の健全度劣化モデルは,各スパンや全体の健全度低下傾向を不確実性を考慮して,確率的パスで表現する。いまトンネル覆工の劣化モデルとして幾何学的ブラウン運動を適用すると劣化過程は次式で表される。

$$dX(t) = bX(t)dt + sX(t)dW_1(t) \quad (1)$$

ここに b は平均劣化率(トレンド), s は分散の程度を表すパラメータ(ボラティリティ)である。

また $W_1(t)$ はウィナー過程であり, $W_1(t)$ は連続で $W_1(0) = 0$, $W_1(t)$ は正規分布 $N(0, t)$ に従う。増分 $W_1(s+t) - W_1(s)$ は正規分布 $N(0, t)$ に従い時刻 s までの $W_1(t)$ の履歴とは独立である(マルコフ過程)という3つの性質を満足とする。

6. 点検データによる覆工の経年劣化同定

小樽地区の 68 カ所におけるトンネル目視点検データを用い,ひび割れに対する評価を行い,トンネル覆工における経年劣化とその分布の同定を実施した。

在来工法で施工されたトンネル(45 箇所)の覆工コンクリートのひび割れに対する経年劣化過程を図-2 に示す。図-2 より,トンネルの建設年代(経年)に伴い覆工コンクリートのひび割れに対する劣化度は低下(評価値は上昇)傾向を示している。在来トンネルの覆工劣化のトレンド(平均)値は式(2)となった。

$$Q(t_i) = 0.0257e^{0.0456x} \quad (2)$$

加えて,図-3,4 に示すように分布関数も経過年数と共に広がる傾向を示すが,経年劣化および分布は点検データ数が少ないため,まだ信頼性が低いのが現状である。

7. ま と め

寒冷地のトンネル覆工における性能水準の推移(劣化)過程とその分布を同定する目的として,小樽地区 68 カ所の点検データのひび割れを用いて試みた結果,覆工の劣化度(性能関数)では,一般的な劣化モデルのように建設年代(経年)に伴い減少していく傾向を示し,同 b 分布関数も経過年数にしたがって広がる傾向を示した。

今後トンネル覆工における劣化度(性能関数)の定量的評価はトンネルのライフサイクルマネジメントやストックマネジメントを行う上で重要な項目であるため,点検データ数を増やして検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 中村一樹,竹内明男,山田正:トンネルマネジメントシステムの構築,土木学会,建設マネジメント研究論文集 Vol.11,2004.12.
- 2) 森村英典,高橋幸雄:マルコフ解析,日科技連,1995.

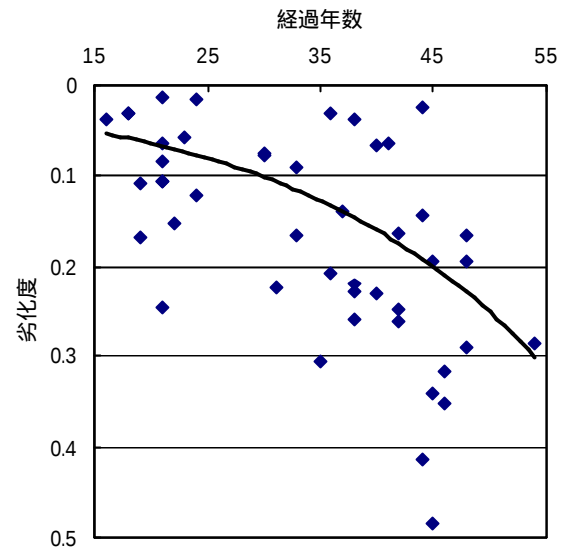


図-2 ひび割れに対する覆工の経年劣化
(在来トンネル)

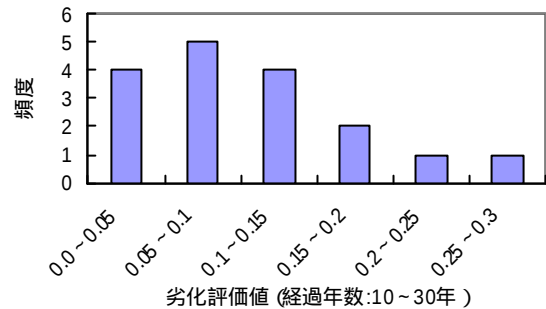


図-3 劣化評価値の頻度(経過年数10~30年)

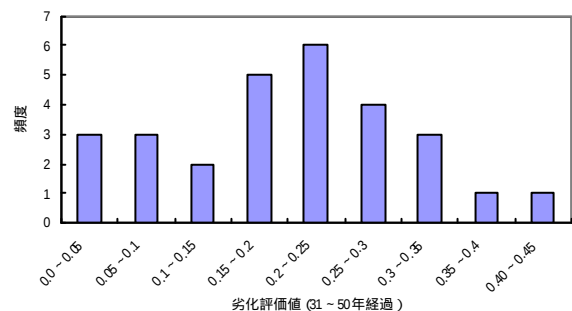


図-4 劣化評価値の頻度(経過年数31~50年)

- 3) 小牟禮健一,濱田秀則,横田 弘,山路 徹:R C 栈橋上部工の塩害による劣化進行モデルの開発,港湾空港技術研究所報告第 41 巻,第 4 号,2002.12.
- 4) 津田尚胤,貝戸清之,青木一也,小林潔司:橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定,土木学会論文集, No.801/ -73, pp.69-82, 2005.
- 5) 杉山光一, 貝戸清之, 小林潔司:目視点検調査周期の不均一性を考慮した統計的劣化予測手法の構築,土木学会構造工学論文集, Vol.52A, pp.781-790, 2006.