

寒冷地トンネルの覆工に対する劣化過程の予測について

○東京都市大学工学部都市工学科 正会員 須藤 敦史
 (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
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 野村 貢

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、今後は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¹⁾などが行われているが、これらでは覆工における要求性能の設定ならびに現状の劣化度の把握、また将来的な劣化予測が重要であるが予測できないのが現状である。

そこで本研究では、寒冷地トンネルの覆工に対する劣化過程における時間推移の予測を北海道内 180 カ所で実施された点検データから試みている。

2. トンネル覆工における劣化過程²⁾

一般にトンネル覆工の劣化過程(性能推移)は図-1に示すように経過年数 t_i と劣化度(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。

ここでトンネル覆工の劣化モデルは、各スパンや全体の健全度低下傾向の不確実性を考慮して、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。

$$dX(t) = \beta X(t)dt + \sigma X(t)dW_1(t) \quad (1)$$

ここに β は平均劣化率(トレンド)、 σ は分散の程度を

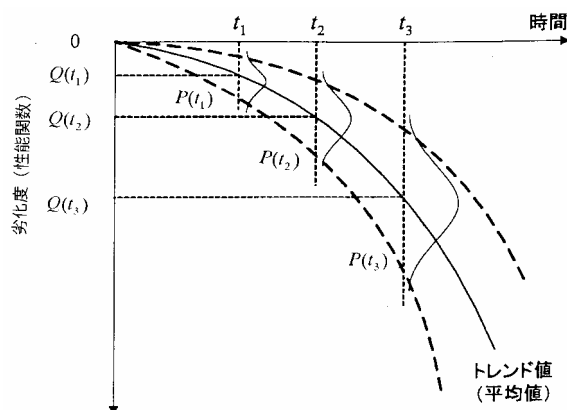


図-1 トンネル覆工の(性能)劣化モデル

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、① $W_1(t)$ は連続で $W_1(0) = 0$ 、② $W_1(t)$ は正規分布 $N(0, t)$ に従う。

③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³⁾)という3つの性質を満足するとする。

この幾何学的ブラウン運動(確率微分)方程式を伊藤積分すれば、トンネル覆工における健全度(確率分布)の時間的な推移過程が次式のように求められる。

$$X(t) = X(0) \exp\{-(\beta + 1/2\sigma^2)t - \sigma \cdot W_1(t)\} \quad (2)$$

3. トンネル覆工における劣化過程の推移

ライフサイクルマネジメント(LCM)やストック・アセットマネジメントでは図-2に示すように構造物の劣化の程度により補修・補強を行い健全度を回復させる過程が重要であるが、これらでは現状の構造物における劣化度の把握、また将来的な劣化予測が重要であるが、これは非常に難しいのが現状である。

ここでは、式(2)に示した幾何学的ブラウン運動(確率微分)方程式の解(係数部・指数部)を、現在得られている複数の覆工点検データより劣化予測の時間的な推移過程を同定し、同時にその将来予測を行なう。

(1) 劣化モデル(幾何学的ブラウン運動)の同定

一般に山岳トンネルの点検は①ひび割れ、②浮き・剥

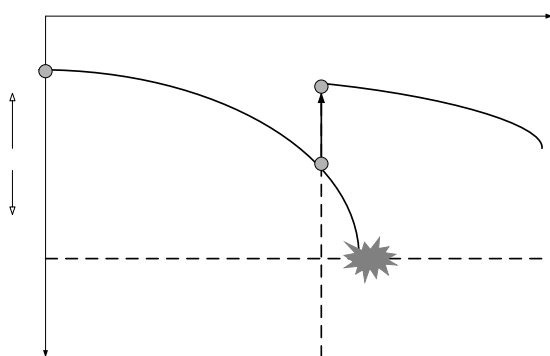


図-2 トンネル覆工の補修・補強の概念図

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, 予測

連絡先 (〒105-8488 東京都港区新橋 5-11-3 TEL03-3436-3176 FAX03-3438-4486 E-mail a.sudou@iwata-gr.co.jp)

離,③漏水,④目地ずれ・開き,⑤豆板・空洞,⑥遊離石灰の6項目を実施するが,ここでは得られた点検データから,①ひび割れ,②浮き・剥離の2項目の劣化評価値を用いている。

在来工法で施工されたトンネル(162箇所)における覆工の劣化に対する評価値を時間的な推移過程を推定する目的で,式(2)における係数部と指数部を同定したものを図-3(a),(b)に示す。

図-3(a),(b)より,トンネルの建設年代(経年)に伴い覆工の劣化度は低下(評価値は上昇)傾向を示しており,用いる点検データの経過年数を変化させると式(2)の係数部と指数部も規則的に変動する。

(2) 劣化モデルの予測

次に,観測データの経過年数ごとの係数部と指数部を示すと図-4に示すように規則的に変動しており,係数部と指数部ともに回帰式で補間することができる。

求めた回帰式の係数部と指数部を用いて10年後を推定した係数と実際に点検データより同定したものを図-5に示す。

図-5より,幾何学的ブラウン運動(確率微分)方程式の係数(係数部・指数部)を点検データより予測することにより,トンネルの建設年代(経年)にともなう覆工の劣化度の予測を行うことが可能となる。

4. ま と め

寒冷地のトンネル覆工における劣化評価値の経過年数との関係を同定することを目的として,道内162カ所で行われた点検データを用いて考察した結果,

- 1) 覆工の劣化評価度は,建設年代(経過経年)に伴い増加していく傾向を示し,経過年数とともに解の係数も規則的に変動する傾向を示した。
- 2) 幾何学的ブラウン運動(確率微分)方程式の解の係数を推定することにより,建設年代(経年)にともなうトンネル覆工の劣化度の予測を行うことが可能となる。

したがって,ライフサイクルマネジメント(LCM)やストック・アセットマネジメントにおいて極めて重要なトンネル覆工における劣化評価値の将来予測が可能である。

【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) 須藤敦史,三上隆,佐藤京,西弘明,河村巧: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,第62回年次学術講演会講演概要集2007.
- 3) 森村英典,高橋幸雄:マルコフ解析,日科技連,1995.

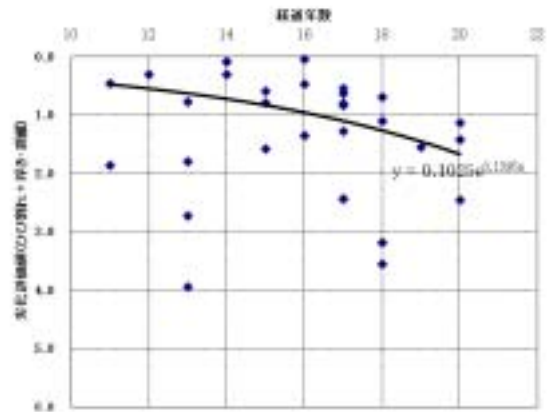


図-3(a) トンネル覆工の劣化度(～20年)

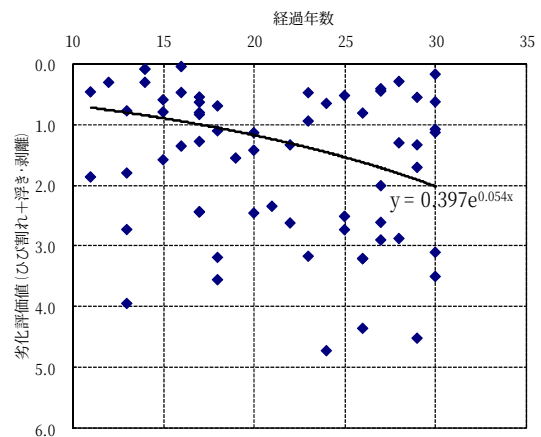


図-3(b) トンネル覆工の劣化度(～30年)

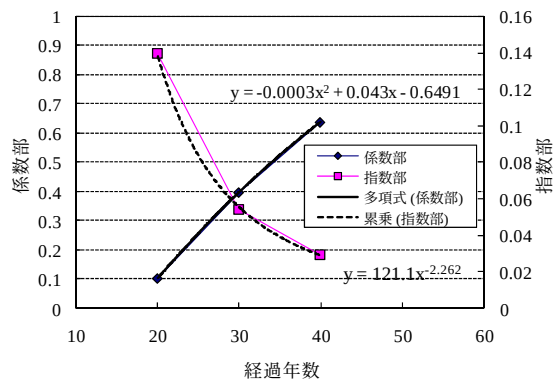


図-4 覆工の劣化(係数部・指数部)同定

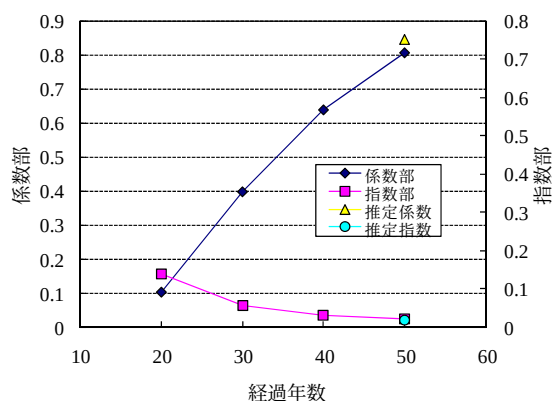


図-5 覆工の劣化度(係数部・指数部)予測