

寒冷地トンネルにおける覆工の劣化過程の定量化について

○東京都市大学大学院工学研究科 学生会員 中沢 雄太
 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、今後多くのトンネル覆工は補修・補強などのメンテナンス・維持管理が求められるようになると考えられる。

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マネジメントの検討¹⁾などが行われているが、これらは対象となる構造物における現状の劣化度評価、また将来的な劣化予測が重要であるにも係わらず、それらの劣化過程が定量化されていないのが現状である。

そこで本研究は、寒冷地トンネルの覆工における劣化過程の定量化を実際に北海道内 120 カ所のトンネル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る²⁾。

ここでトンネル覆工の健全度低下は、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、経過年数 t_i における劣化度の分布は $P(t_i)$ となり、確率的パスで表現することができる。

トンネル覆工における劣化過程の数値モデルは、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(伊藤型確率微分方程式)モデルを適用すると次式で表される。

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

ここで β は平均劣化率(トレンドもしくはドリフト)、 σ は拡散(ボラティリティ)の程度を表すパラメータである。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³⁾)という3つの性質を満足とする。

ここで得られている複数のトンネル覆工における点検データに基づいて幾何学的ブラウン運動(伊藤型確率微分)方程式のパラメータを統計的手法により同定する⁴⁾。

3. 劣化度の評価指標

一般にトンネル覆工の点検項目は ひび割れ、浮き・剥離、漏水、目地ずれ・開き、豆板・空洞、遊離石灰の劣化状態を評価するものであるが、これらがどのようにトンネル覆工の劣化度に対して影響するかを評価することは非常に難しい。そこで指標として代表的な「ひび割れ」と「浮き・剥離」を使用して劣化度の評価を行う。

1) ひび割れの定量(数値)化

既存のひび割れの評価は、幅や形状は特に考えずに単純に長さのみで評価値していたが、形状によっては剥離・剥落につながる恐れがあるため、ひび割れ幅や形状による影響も考慮した評価を考える。

ひび割れは幅 0.3mm 以上と 0.3mm 未満、それぞれの延長、ひびわれ同士の交点数(0.3mm 以上と 0.3mm 未満の場合とを区別)とし、加えてひび割れのパターンを表-1 のように場合分けして定量化を試みている。なおひび割れの交点は 0.3mm 未満同士については剥落など第三者被害の危険度はそれほど高くないと考えられるため交点補正を設定した。

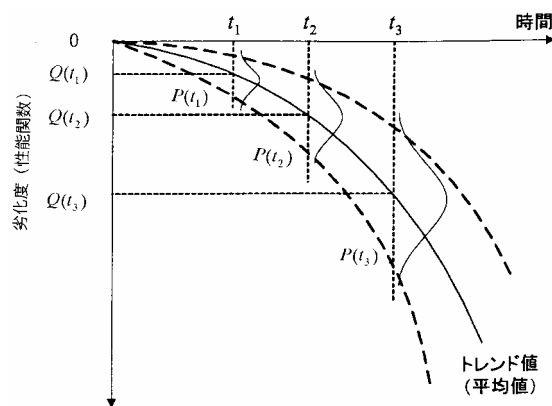


図-1 トンネル覆工の(性能)劣化モデル

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

2) 浮き・剥離の定量(数値)化

トンネル覆工の剥離・剥落は、その面積が劣化度の指標となるが単純な面積和のみでは判断していくと弊害があるため、浮き・剥離に対する重みの式(2)を設定した。

$$V_{FC} = R_F \times W_F + R_C \times W_C \quad (2)$$

V_{FC} : 剥離・剥落評価値, R_F : 剥落区間比(剥落面積/覆工スパン面積), W_F : 剥落ウエイト, R_C : 剥離区間比(剥離面積/覆工スパン面積) W_C : 剥離ウエイト

4. 点検データを用いた経年劣化の定量化

本研究では、北海道内の120トンネルにおいて得られたトンネル覆工の点検データから、ひび割れと浮き・剥離の点検2項目を用いて覆工の劣化度の評価を行うこととした。ここで劣化モデルは幾何学的ブラウン運動を用い、そのパラメータを点検データより同定する。

まず、在来工法の点検データにおいてひび割れに着目した経年劣化を図-2に示す。図-2より、トンネル覆工の劣化度は建設年代(経年)に伴い低下の傾向を示している。

次に図-3に覆工点検データにおける浮き・剥離に着目した経年劣化過程を示す。最後に図-4に覆工点検データにおけるひび割れと浮き・剥離に着目した経年劣化過程を示す。図-4より、複数の点検項目においても劣化評価値は建設年代に伴い低下の傾向を示している。

5. ま と め

寒冷地のトンネル覆工における経過年数と劣化度の関係を定量的に把握することを目的として、道内120力所から得られた点検データと補修記録を用いて考察した結果、

1) トンネル覆工の劣化度は、建設年代(経過経年)に伴い低下していく傾向を示し、同様にその分布も経過年数に伴い広がる傾向を示している。

2) 複数の点検項目(ひび割れ・浮き・剥離)を用いても覆工の定量的な劣化評価を行なうことができ、今後はすべて点検項目を用いた評価を行う予定である。

【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) 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.
- 4) 須藤敦史, 丸山収, 佐藤京, 西弘明: 寒冷地トンネルにおける劣化予測のための確率モデルについて, 第24回寒地シンポジウム2008, -005, 2008.

表-1 ひび割れパターンの分類

種別	ひび割れ幅の条件	ひび割れパターン
A	0.3mm以上	短いひび割れ散布
B	0.3mm以上	長いひび割れ(クロスあり)
C	0.3mm以上	大きな三角・四角形
D	0.3mm以上	特定部分が密(クロスあり)
E	すべてのひび割れ	その他平凡
F	0.3mm未満	短いひび割れ散布
G	0.3mm未満	長いひび割れ(クロスあり)
H	0.3mm未満	大きな三角・四角形
I	0.3mm未満	特定部分が密(クロスあり)

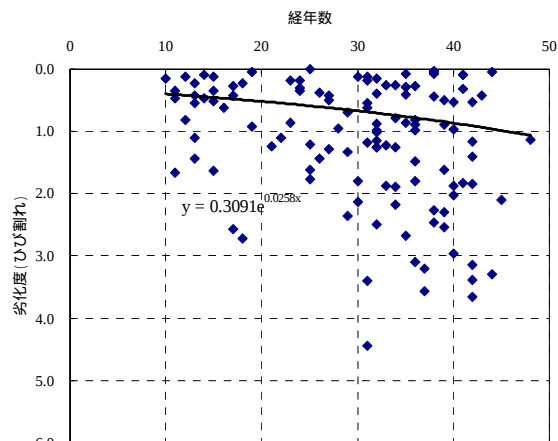


図-2 覆工の劣化評価値(ひび割れ)

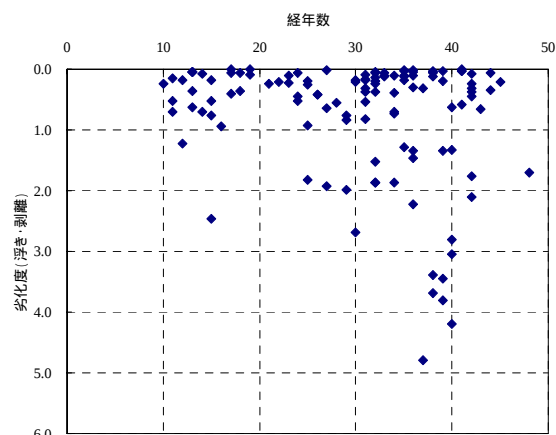


図-3 覆工の劣化評価値(浮き・剥離)

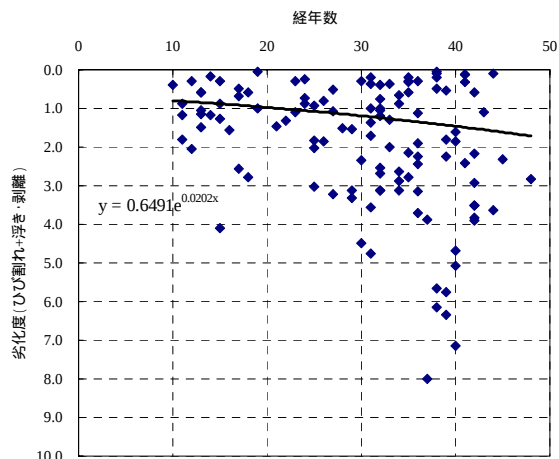


図-4 覆工の劣化評価値の頻度(ひび割れ, 浮き・剥離)