

寒冷地のトンネル覆工における劣化評価値と補修・補強の関係について

東京都市大学工学部都市工学科 正会員 須藤 敦史

○東京都市大学大学院工学研究科 学生会員 糸井謙介
(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

1. はじめに

北海道は積雪寒冷地に加えて広域分散型の社会構造であるため、道路への依存度が高く、昭和 30 年代後半から道路網の拡充にともなって山岳トンネルの整備が進められてきている。

しかし、今後は既存のインフラを維持管理しながら、効率的かつ経済的なメンテナンス・維持管理（トンネルの改築や補強・補修など）¹⁾が求められ、ライフ・サイクル・マネジメント(Life Cycle Management: LCM, 図.1 参照)の構築が急務である²⁾。

そこで本論文は、寒冷地道路トンネルにおけるトンネル・マネジメント・システム(Tunnel Management system: TMS)の構築のためにトンネル覆工の劣化評価値と現在までに実施された補修・補強との関係を考察している。

2. 補修・補強を考慮した覆工の劣化評価

一般にトンネル覆工の劣化過程は図-1 に示すように経過年数 t_i と劣化度 $Q(t_i)$ との関係として幾何学的ブラウン運動（伊藤型確率微分方程式）で次式となる³⁾など。

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

ここで b は平均劣化率(トレンド), s は拡散(ポラティリティ)の程度を表すパラメータである。

実際の点検データは、維持管理のために過去何回か補

修・補強が施工されたトンネルの二次覆工で実施されている場合がほとんどである。

そこでトンネル覆工の補修・補強が時刻 t_i^* に実施されて劣化度 X_1^* に改善された場合に、直前の劣化度(臨界劣化度)を X_2^* とすれば、トンネル覆工の幾何学的ブラウン運動（伊藤型確率微分方程式）は次式となる。

$$dX(t) = bX(t)dt + sX(t)dW_1(t) + \sum_{i>1} \{X_1^* - X_2^*\} l(t - t_i^*) \quad (2)$$

ここで l はディラックの測度であり、 $t = t_i^*$ の時のみ確率測度 1 を与え、それ以外の時は確率測度 0 を与える。

この確率微分方程式に「伊藤の公理」を適用すれば劣化過程と確率分布のその時間的推移を求められる。

$$X(0) = X_0 \quad (3a) \quad , \quad X_2^* = X_1^*(t = t_1^*) \quad (3b)$$

$$X(t) = X(t_i^*) \exp \left\{ \left\{ b - \frac{1}{2}s^2 \right\} (t - t_i^*) - s(W_1(t) - W_1(t_i^*)) \right\}$$

$$t_i^* < t < t_{i+1}^* \quad (4)$$

3. 地域を考慮したトンネル覆工の劣化評価

北海道内において矢板工法で施工されたトンネル（23 8箇所）で得られた覆工の点検データから、ひび割れ浮き・剥離に着目した経年劣化過程を地域別に集計したものを図.3 に示す。

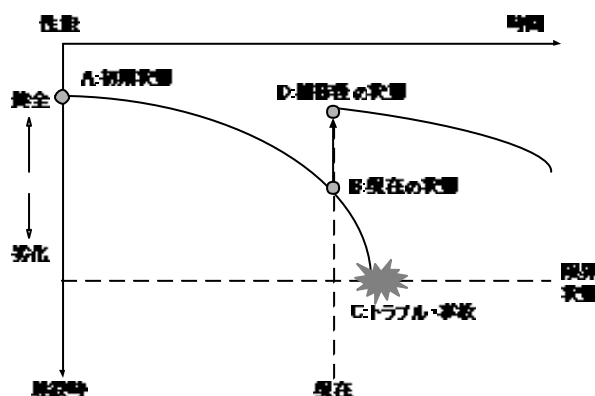


図.1 トンネル・マネジメントの概念図

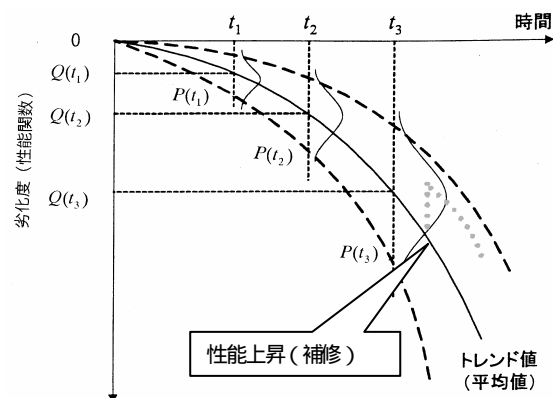


図.2 トンネル覆工の（性能）劣化モデル

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 東京都港区西新橋 3-23-5 TEL03-3436-3176 FAX03-3438-4486 E-mail a.sudou@iwata-gr.co.jp)

図.3より,矢板工法のトンネルでは,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,またトンネル覆工の補修・補強による劣化度の補正をすることで二次覆工の本来な劣化評価値を算出することができる。

加えて,北海道の気象により区分した各地域においてもトンネルの建設年代(経年)に伴い二次覆工におけるひび割れ+剥離・剥落の劣化評価値は低下する傾向を示しており,安定した同定が行なっている。

なお,オホーツク海側気候区は,トンネル数が少ないため劣化曲線の同定を行っていない。

4. 地域別におけるトンネル覆工の補修・補強

寒冷地におけるトンネル覆工の耐久性では,環境による複合劣化の影響を適切に評価することが求められるが,実際のトンネル覆工を対象とした調査データの整理がなされていないため,その定量的な評価手法は確立されていないのが現状である。

そこでトンネル覆工の劣化と環境との関係を定量的に調査することを目的で,道内23箇所箇所のトンネルにおいてトンネル補修・補強履歴および劣化評価値を考察した。

ここで北海道内のトンネル全体と各開発建設部が管理するトンネル覆工における補修・補強の実施平均年数を比較したものを表.1に示す。

表.1より,旭川・網走では構造・非構造ともに補修・補強で全体平均年数より早い。また室蘭・留萌では構造み係わるの補修・補強のみで全体平均の時期より早いことより,図.3.4に示した地域別の劣化推移と地域係数⁴⁾(寒気などの環境因子)やトンネル覆工における補修・補強と間にはの相関があると考えられる。

5. まとめ

寒冷地のトンネル覆工における劣化度の地域別経過年数と補修・補強の関係を考察し,以下の結論が得られた。

- 1) トンネル覆工の劣化度は,特定の地域においても経過経年に伴い増加していく傾向を示す。
- 2) トンネルが置かれている環境と劣化推移および補修・補強に相関を示している。
- 3) 寒冷地における道路トンネルの効率的なメンテナンス・維持管理の構築が可能である。

【参考文献】

1) 須藤敦史,三上隆,岡田正之,河村巧,角谷俊次:寒冷地トンネルにおける二次覆工コンクリートの長寿命化に関する一考察,土木学会第21回建設マネジメント問題に関する研究発表会,pp.191-194,2003.

2) 岡田正之,三上隆,川村浩,須藤敦史,角谷俊次:寒冷地トンネルにおけるライフサイクルマネージメントの基礎考察,土木学会

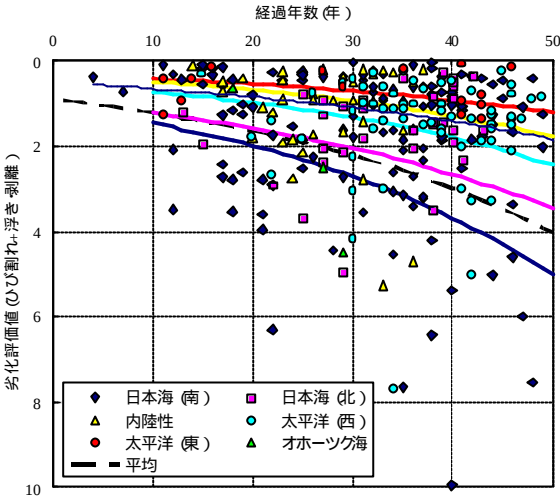


図.3 トンネル覆工の地域別劣化度

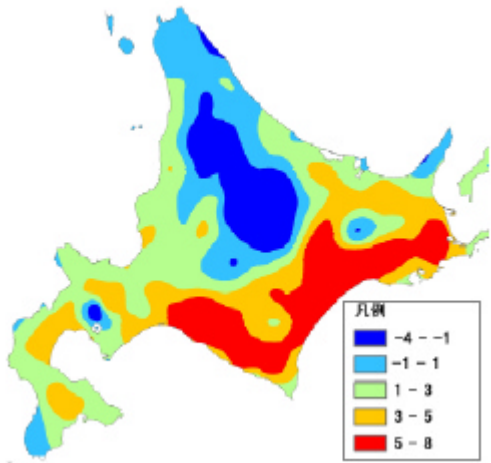


図.4 凍結融解を基にした地域係数⁴⁾

表.1 トンネル地域と二次覆工の補修・補強

	平均年数 (構造)	平均年数 (非構造)
全 体	30 ~ 40	20 ~ 30
函 館	30 ~ 40	20 ~ 30
小 樽	30 ~ 40 (+)	30 ~ 40 (-)
旭 川	20 ~ 30	20 ~ 30 (-)
室 蘭	20 ~ 30	20 ~ 30
札 幌	20 ~ 30	20 ~ 30
帯 広	30 ~ 40 (+)	20 ~ 30 (-)
留 萌	10 ~ 20	20 ~ 30
網 走	10 ~ 20	10 ~ 20

第59回年次学術講演会 -397,pp.791-792, 2004.

3) 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.

4) 浜幸雄,松村光太郎,田畑雅幸,富坂崇,鎌田栄治:気象因子を考慮したコンクリートの凍害劣化予測,日本建築学会構造系論文集,第523号,pp.9-16,1999.