

道路トンネル維持管理におけるアセットマネジメントシステムの構築に関する研究

長崎大学 正会員 蔣 宇静

長崎大学 フェロー会員 棚橋由彦

長崎大学 学生会員 上田 静

長崎大学 学生会員 上川尚孝

1. 研究の背景と目的

日本では山地が6割を占める地形的制約から、都市間を結ぶ鉄道・道路はトンネルの割合が高く、また、高度経済成長期には多くの社会資本が整備され、これらの構造物は補修・改修時期が迫っている。本研究では、道路トンネルの維持管理にアセットマネジメントの考え方を導入し、合理的維持管理への提言を行う。

2. アセットマネジメント手法の導入

2.1 劣化曲線の設定

本研究では、長崎県が管轄している道路トンネルの供用年数と覆工コンクリートの一軸圧縮強度に着目して、劣化の進み方が最も遅いケース(劣化曲線A)、最も早いケース(劣化曲線C)、劣化曲線AとCの平均値のケース(劣化曲線B)を図-1のように設定し、性能が劣化する過程をモデル化した。

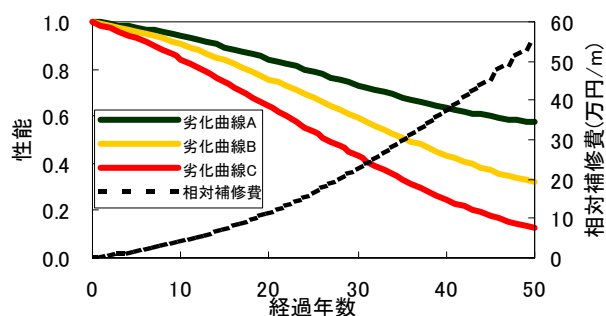


図-1 経過年に対する性能と補修費の推移

2.2 性能の評価

劣化曲線の分析を基に、判定区分とそれに対する性能の値を表-1のように決定した。判定区分に関しては「道路トンネルの維持管理便覧」¹⁾を参考にしている。調査結果の各スパンにおいて最も危険な要素と判断されるものについての判定を重視し、スパンごとに総合判定を行い、延長を考慮した各スパンの判定結果の平均値をそのトンネルの性能とした。

表-1 マルコフ過程による劣化曲線の設定

判定区分	性能	判定の内容 ¹⁾
S	1.0-0.9	健全で機能的にも問題がない
B	0.9-0.8	変状がないか、あっても軽微な変状で、現状では通行者・通行車両に対して影響はないが、監視を必要とするもの
A	0.8-0.65	変状があり、将来通行者・通行車両に対して危険を与えるため、重点的に監視をし、計画的に対策を必要とするもの
2A	0.65-0.5	変状があり、それらが進行して、早晚通行者・通行車両に対して危険を与えるため、早急に対策を必要とするもの
3A	0.5-0.35	変状が大きく、歩行者・通行車両に対して危険があるため、直ちに何らかの対策を必要とするもの

2.3 優先順位の設定

本研究では交通量、交通容量、迂回路の交通容量、バス路線の有無に着目したトンネル路線の重要度の評価を考えた。具体的内容に対して重み係数を設定し、加重平均法により100点満点で算定した。次に、トンネルの性能およびトンネルの重要度からトンネルの保全更新の優先度を総合的に評価する算定式を以下の式のように定義した。ここで、 P_1 はトンネルの劣化度を、 P_2 は路線の重要度を表す。

$$P = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 \quad (1)$$

2.4 ライフサイクルコストの試算

(1) ライフサイクルコスト(LCC)の設定 維持補修問題におけるライフサイクルコストは、建設費、維持費用、修繕費用などの算定項目が考えられるが、本研究において着目したコスト項目は下の3項目である。

$$LCC = (\text{直接補修費}) + (\text{間接補修費}) + (\text{利用者損失費用}) \quad (2)$$

(2) 直接補修費の設定 補修検討を行ったトンネルの内、補修費のデータのある27本に関する直接補修費に着目し回帰分析を行った。図-1に経過年数と相対直接補修費および推定した3本の劣化曲線を示す。

(3) 間接補修費の設定 間接補修費(共通仮設費、現場管理費など)の資料のある11トンネルを対象に分析を行った。相対間接補修費の平均を各トンネルに仮定した。

(4) 利用者損失費用の設定 トンネル工事による交通規制に起因する費用の算出を試みる。本研究では①車両停止による時間損失費用、②規制待ちによる時間損失費用に着目し、利用者損失費用を次のように定義した。

キーワード GIS/アセットマネジメント/データベース

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 TEL095-819-2612

$$C_n = n \cdot \sum_m (A_m \cdot N_m \cdot \Delta T) \quad (3)$$

ここに、 m ：車種、 n ：通行止め日数（日）、 A_m ：車種 m の時間価値原単位（円/分・台）、 N_m ：車種 m の日交通量、 ΔT ：1台あたりの損失時間（分）／交通止め延べ日数である。

(5) 社会的割引率 社会的割引率は、公共事業における費用や便益など、将来の出費を現在価値に換算する際に用いられる割引率で、一般的に4%と定められている。本研究では、この社会的割引率を考慮したライフサイクルコストの試算を行った。

(6) 試算結果と考察 試算条件を以下のように設定し、各々のケースにおいて劣化曲線Cを用いたライフサイクルコストの試算を試みた。

- ・詳細点検が行われたトンネルの内、長崎県内31本を対象とする。
- ・性能をアップする費用は、劣化曲線Bの性能値と直接補修費の回帰分析結果に基づく。
- ・年に補修できる本数は3本までとする。
- ・それぞれ性能が0.8～0.35に落ちた時点でも劣化レベルに係わらず必ず性能1.0までアップする。

試算結果を図-2に、平均性能の経年変化を図-3に示す。早期に補修を行うことで最終的なコストを最も削減でき、平均性能も高く保てることが分かる。次に、費用対効果(X)を以下のように定義する。

$$X = \frac{\overline{p}_{50}}{c_i / c_{\max}} \quad (4)$$

ここに、 $\overline{p}_{50}$ ：50年間の平均性能、 c_i ：ケース i におけるライフサイクルコスト、 $c_{\max}$ ：ライフサイクルコストの最大値である。この式より、劣化曲線Cを用いた試算結果を基に算出した結果を表-2に示す。費用対効果は性能が0.8に落ちた段階で補修を行うケースが最も高い値となった。つまり、トンネル性能と最終的なコストの二つの側面から考えて、できる限り早い段階で補修を行うことが効果的であることが示された。

2.5 マルコフ過程による劣化予測

本研究ではトンネルの劣化が確率事象としてモデル化されると仮定し、マルコフ過程による劣化予測も試みた。マルコフ過程による劣化進行のモデル図を図-4に示す。ここで P_i は劣化の推移確率であり、 T_i はそれを判定する経年を表している。長崎県内31本のトンネルを対象に分析を行い、モデルに従って設定した劣化曲線と、早急に対策が必要とされる判定区分2Aと3Aの割合の経年変化を図-5に示す。

3. まとめ

本研究では、GISを用いて構築したデータベースより、トンネルの現状の性能を把握し、LCCの試算を試みることで、早い段階で補修を行うことが性能とコストの両側面から効果的であるとの結論を得た。さらにマルコフ過程を用いることで点検データの少ないトンネルにおいても、詳細な将来の劣化予測が可能であることを明らかにした。

【参考文献】1) 日本道路協会：道路トンネルの維持管理便覧，1993

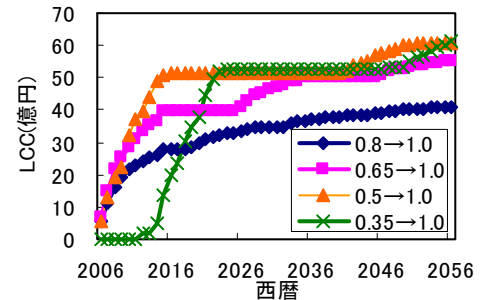


図-2 ライフサイクルコストの試算

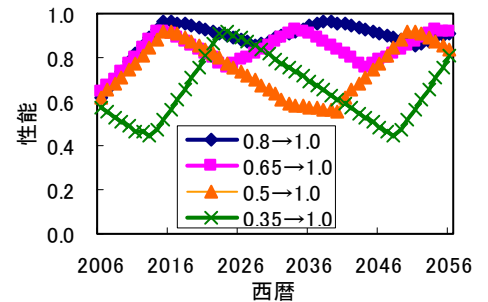


図-3 平均性能の経年変化

表-2 費用対効果の算出

	性能 0.35→1.0	性能 0.5→1.0	性能 0.65→1.0	性能 0.8→1.0
50年平均 性能	0.664	0.765	0.850	0.906
LCC (億円)	61.36	60.49	55.13	40.96
費用対 効果	0.664	0.776	0.946	1.357

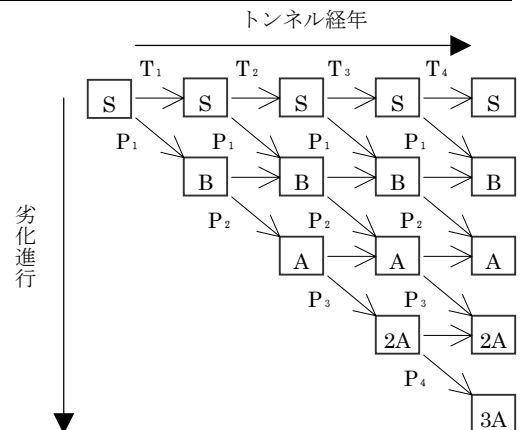


図-4 劣化モデル

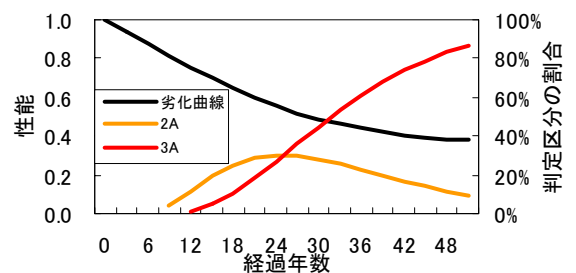


図-5 マルコフ過程による劣化曲線