

地下鉄トンネルを対象としたアセットマネジメントについて

アセットマネジメント 地下構造物 健全度

早稲田大学 学生会員 ○鈴木 彰吾
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
 早稲田大学 学生会員 前田 啓太
 東京地下鉄 (株) 村上 哲哉

1. はじめに

近年、社会資本を効率的・効果的に維持管理するために社会資本アセットマネジメントという手法が注目されている。社会資本アセットマネジメントとは社会資本ストックを社会の「資産」(アセット)とみなし、構造物の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算的制約の中でいつどのような対策をどこに行うのが最適であるのかを考慮して、構造物を計画的かつ効率的に管理することをいう。

本研究では、既存の地下鉄トンネルを対象としてアセットマネジメント手法に基づく最適なマネジメントを研究することを目的として実施した。社会資本のアセットマネジメントを実施するためには、コスト意識を持った施設管理と経営概念の知識が必要である。ここでは施設管理における地下鉄トンネルの劣化と修繕に着目し、劣化調査データをもとに経年に伴う劣化推移特性を求めた。それを利用したトンネルの劣化予測や劣化推移特性の妥当性の検証を行った。

2. 点検結果とデータ整理

本研究では、既存の東京地下鉄(株)の地下鉄トンネル(開削、シールド)の建設年次、劣化の変状ランクなどを記録した調査データを用いて建設年次ごとの健全度を求めた。実際利用されている変状ランクを表1に示す。点検データについては通常全般検査と特別全般検査の2種類ありそれぞれについて集計を行った。通常全般検査は2年に一回行われ、側壁下部について目視・打音検査、上床及び側壁上部について目視検査を行い、構造物の変状を抽出する。また、特別全般検査は、20年に一回行われ、上床及び側壁上部について入念な目視・打音検査を行い、健全度の判定精度を高める。これら2つの点検結果をもとに劣化推移特性の把握やその妥当性の検証を行った。

表1 変状ランクの概要

AA	列車の運行、及び旅客などの安全を脅かし、緊急の措置を要するもの
A1	進行している変状などがあり、構造物の機能が低下しつつあるもの
A2	変状などがあり、将来それが構造物の機能を低下させるおそれのあるもの
B	将来、変状ランクA1に悪化する恐れのある変状などがあるもの
C	軽微な変状があるもの
S	健全なもの

3. 経年による劣化予測

ここではまず、通常全般検査の結果を用いて劣化推移マトリクスの作成を行った。推移確率行列は、マルコフ確率過程を用いて作成した。建設完成から t_n 年経過したトンネルの点検結果に基づく変状の存在確率 $\{P_x\}$ とすると t_{n+1} 年経過したトンネルの点検結果に基づく変状ランクの存在確率 $\{P_x'\}$ は式(1)で与えられる。例えば、 K_{CB} は変状ランク C が翌年にランク B に悪化する事象の割合を表す。なお、ここでは次の条件を仮定してシミュレーションを行った。

表2 推移確率行列の例(経年74年から経年75年の場合)

経年74年→		経年75年				
		経年75年	S	C	B	A2
経年74年	S	0.99701	0.00299	0	0	0
	C	0	0.994314	0.005686	0	0
	B	0	0	0.926585	0.073415	0
	A2	0	0	0	0.994061	0.005939
	A1	0	0	0	0	1

- a) トンネルの劣化変状ランクが、維持補修することなく自然に改善することはない。
- b) 変状ランクの1年ごとの変化は、同じランクを維持するか、1段階悪化するかの2通りである。
- c) 経年0年における変状の存在確率は、Sランクが100%である。

以上の条件で求めた推移確率行列の一例を表2に示す。

$$\{P'_C \ P'_B \ P'_{A2} \ P'_{A1}\}_{t=t_{n+1}} = \{P_C \ P_B \ P_{A2} \ P_{A1}\}_{t=t_n} \begin{bmatrix} K_{CC} & K_{CB} & K_{CA2} & K_{CA1} \\ 0 & K_{BB} & K_{BA2} & K_{BA1} \\ 0 & 0 & K_{A2A2} & K_{A2A1} \\ 0 & 0 & 0 & K_{A1A1} \end{bmatrix} \quad \dots \text{式(1)}$$

4. 劣化推移マトリクスの妥当性の検証

次に作成した劣化推移マトリクスの妥当性の検証を行った。検証は、2010年の通常全般検査結果を利用して得られた経年別の開削トンネルに関する劣化推移マトリクスを2012年の特別全般検査と2012年通常全般検査の集計結果より照査することで行った。

まず、ある1路線を対象に、通常全般検査と特別全般検査の変状ランクの集計結果を利用してトンネル構造物の劣化予測を行った。具体的には、経年73年（現在を2012年とする）のトンネル構造物の変状ランクの存在割合をもとに上記の経年別の劣化推移マトリクスを利用して経年85年までの劣化予測を行ってみた。

次にこれらの予測結果を用いて、各建設年次における対象路線全体の健全度評価を行った。健全度とは各変状の総数に表3で示した重みづけ係数を乗じて、変状総数で割った値のことである。以上の手順で、対象路線トンネルの経年年数に応じた劣化状態の予測と健全度評価を行った。

結果を図1（対象トンネルの特別全般検査で得られた健全度と経年年数の関係）と図2（通常全般検査で得られた健全度と経年年数の関係）に示す。図1、図2に共通して健全度の実測値と予測値の間に違いがあることが分かる。また、予測により全体的な低下傾向は概ね確認できたが、実測値が予測値を上回る経年年数箇所については過去の補修によって変状が改善されていることが確認され、健全度の値が上がったということが分かる。また、特別全般検査による健全度の値が低いことから特別全般検査により、通常全般検査では、より詳細なデータを得ることができると推定できる。

5. まとめ

ここでは、地下鉄トンネルを対象として作成した劣化推移マトリクスの妥当性を確かめるために、より詳細に行われた点検データをもとにその妥当性の検証を試みた。劣化推移マトリクスにより、トンネル健全度の全体的な低下傾向は概ね推測可能であったが実測値と予測値の間に違いが見られた。今後は地下鉄トンネルの補修履歴、劣化箇所分布等を調査し、健全度のばらつきの原因を詳細に調査し、塩害、中性化などの現象に焦点をあてて検証を進めていく予定である。

参考文献)

赤木、川上、前田、山本：地下鉄トンネルにおけるアセットマネジメントの試み、第9回地盤工学会関東支部発表会、2012年9月

表3 重みづけ係数

変状ランク	S	C	B	A2	A1	AA
点数	10	8	6	3	1	0

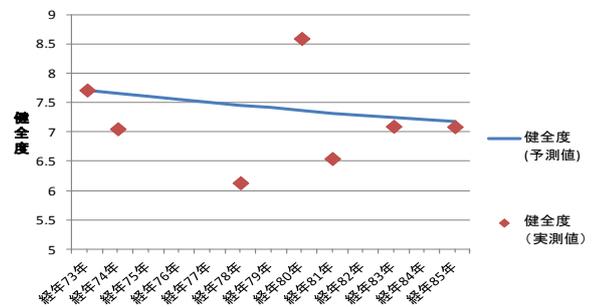


図1 特別全般検査の健全度と経年年数の関係

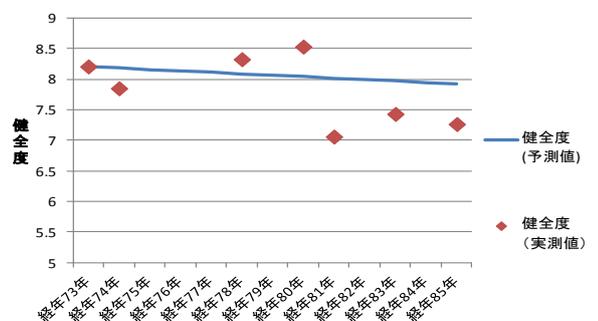


図2 通常全般検査の健全度と経年年数の関係