

電気通信ネットワーク地下構造物の維持管理システムの一提案

早稲田大学 正会員 赤木寛一  
 早稲田大学 学生会員 ○志賀正幸  
 NTT インフラネット(株) 正会員 橋本暁典  
 通信土木コンサルタント(株) 正会員 林 秀三

1. まえがき

わが国のインフラ設備の整備は、そのほとんどが高度経済成長期に行われたものであり、現在に至るまで蓄積されたその膨大なストックは、国民の便利な生活を支えるうえで欠かすことのできないものとなっている。しかし、このストックは今後急速な老朽化が懸念され、その維持管理に必要な費用は将来増加することが予想されることから、より効率的な管理運営システムの構築が課題となっている。このような状況下において、インフラ設備のストックを「資産」(アセット)とみなし、資産管理の視点から効率的に管理運営する手法が近年注目されている<sup>1)</sup>。

本研究では、電気通信ネットワーク地下トンネルを取り上げ、維持管理手法の一步としてマルコフ決定過程を用いたマクロレベルの将来状態予測をもとに劣化修繕シナリオのシミュレーションをおこない、コスト面で最も優れたシナリオを求めた。さらに、ミクロマネジメントとして個別設備に視点を移し、実施する修繕の優先度に基づくコスト評価を行った。

2. 将来状態予測

劣化予測は、マルコフ決定過程という統計的な劣化進行を予測するうえで重要な確率理論を用い、現在の劣化状態にこれまでの劣化調査の実績で得られた推移確率行列を連鎖的に乗じることで可能となる<sup>2)</sup>。表1は、ほぼ同等の劣化推移を辿ると想定される電気通信トンネル963本分(開削工法、総延長189.535km)の劣化度個数集計結果を設備の経過年数別にとりまとめたものである。なお、劣化度Oとは劣化していない状態(健全な状態)であり、AからFの順に劣化度が大きくなる。この表1をもとにして、毎年の推移確率行列を求めた。

表1 電気通信トンネル劣化度集計結果

建設年	劣化度(個数)						
	O	A	B	C	D	E	F
2000~	339	2	0	1	0	1	0
1990~1999	7,146	267	27	200	42	69	36
1980~1989	51,140	3,005	2,061	1,565	428	3,173	735
1970~1979	80,141	4,780	2,844	2,483	671	6,906	1,995
1960~1969	47,157	2,209	1,244	1,037	412	2,152	1,114
1950~1959	3,592	232	56	85	18	96	46

図1は、これらの推移確率行列を利用して、劣化が将来どの程度進行するかを修繕費(劣化度ABCは2万円/個、劣化度DEFは4.6万円/個)の総額(繰越修繕費)で示したものである。この

図から、劣化は確実に進行していくことが見てとれ、何も手を施さず放っておくと10年後で1億5千万円、20年後で2億2千万円規模の新規修繕費用を必要とする劣化推移をもたらす。しかし、コンクリートの中酸化進行速度は時間経過とともに減少するので、10年後以降その進行速度は緩やかになる。

(億円)

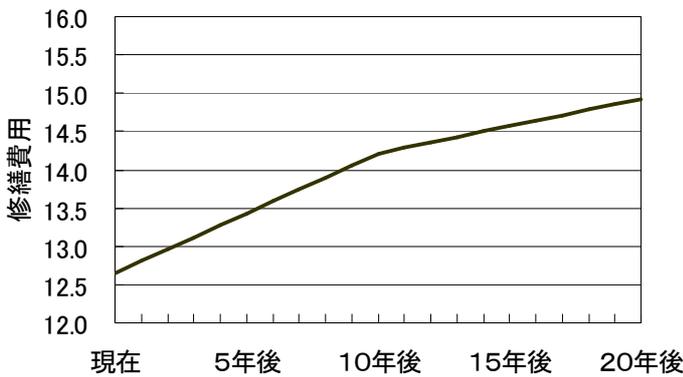


図1 劣化修繕費用の推移

表2 実施シナリオ

パターン	修繕する劣化度の範囲
予防保全型 ①	ABCDEF
②	BCDEF
③	CDEF
事後保全型 ④	DEF
⑤	EF
⑥	F

3. 修繕シミュレーション

得られた劣化予測をもとにして、修繕費の最小化シナリオを策定するため、表2に示すような予防保全型と事後保全型の6パターンのシナリオでシミュレーションを実施した。修繕は、図1と同様の費用体系で毎年同時期に1回おこない、修繕工の信頼期間は10年とし、11年以降は構造物本体と同等に劣化推移すると仮定した。また、コスト計算は、非割引現在価値法の考え方を採用し、通常の投下修繕費のみでは修繕後の状態がそれぞれ異なるため、投下修繕費+繰越修繕

キーワード 地下構造物, 維持管理, コスト

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 58号館-205 TEL 03-5286-3405

費（期間内の未補修箇所要する修繕費）の総和とした。

図2は、表2の6パターンの維持管理シナリオに対応する投下修繕費+繰越修繕費の経年変化を示したものである。20年間一貫して予防保全型が事後保全型と比較して優位であり、10年後で1億2千万円、20年後で1億6千万円程度、割合で10~11%のコスト縮減効果が得られた。これは、貨幣価値が常に等しい非割引現在価値法の下では、結果的に多くの箇所を早期に無くす予防保全型によってその後の劣化進行が抑制されたことによると考えられる。また、その中でもコストが一番安く抑えられる最適シナリオは予防保全型③となった。これは、C~Fを修繕するシナリオである予防保全型③が、修繕価格体系が変化するC→Dの推移直前で最も無駄なく修繕するためといえる。

4. 修繕優先度評価

次に、マネジメント対象を個別の電気通信トンネルに移して、修繕実施における優先度に基づくコスト評価を行った。評価にあたり、個々のトンネル劣化状況を把握するため、以下に示す劣化面積に相当する損傷比率（以下 s）、劣化深度に相当する損傷度（以下 d）、及びそれらを組み合わせた劣化度指数（以下 s×d）の優先度判別式を設けて修繕実施基準式（4.1）を試みに作成した。図3は、式（4.1）の修繕実施基準を満たす劣化度となった修繕対象トンネル設備量推移を示したものである。これらの修繕対象トンネルについて、前節と同様の条件でシナリオ予防保全型①に基づく修繕費の経年累積値を求めたものが図4である。このような修繕実施基準に応じた数値をもとに、年度ごとの投資計画における設備の修繕投資費用を合理的に決定することができる。

[劣化損傷比率] 分母を全調査箇所数の合計、分子を全劣化箇所数の合計とし、設備の面的損傷を把握する。

$$s = \sum n_i / \sum n_j \quad (i = A \sim F, j = O \sim F)$$

[劣化損傷度] 各劣化状態に表3に示す重みを付けて劣化状態の平均値を算出し、設備の深層的損傷を把握する。

$$d = \sum k_i n_i / \sum n_i \quad (i = A \sim F)$$

[劣化度指数] 劣化損傷比率と劣化損傷度を乗じ、設備の3次元的損傷を把握する。

《修繕実施基準》  $s \times d > 1.5 \quad \cap \quad d > 6.0 \quad \cap \quad s > 0.25 \quad (4.1)$

表3 重み付け点数

i	A	B	C	D	E	F
k <sub>i</sub>	5	6	7	8	9	10

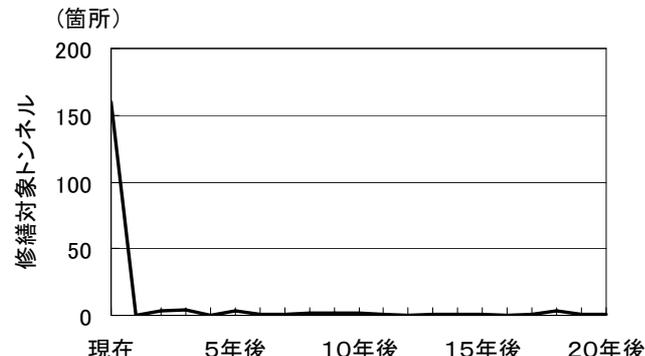


図3 修繕実施基準を満たすトンネル設備量の推移

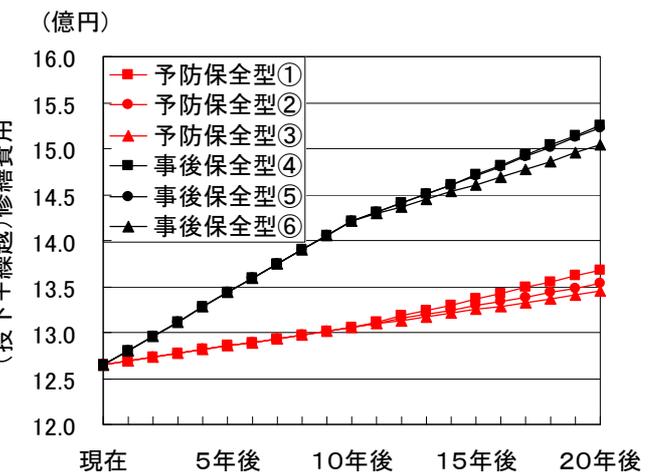


図2 投下修繕費と繰越修繕費の総額の推移

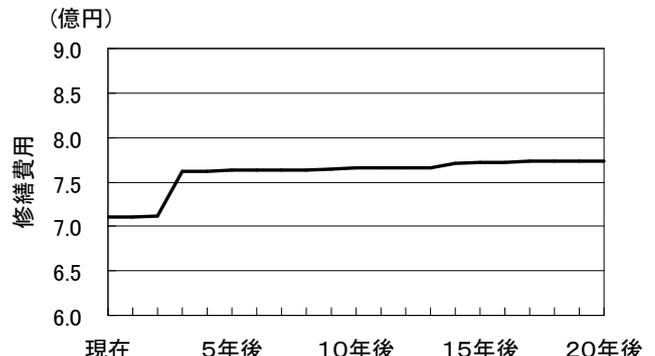


図4 優先度評価を行った場合の修繕費用の推移 (実施シナリオ：予防保全型①)

5. まとめ

本研究では、電気通信ネットワーク地下トンネルを対象として設備の将来状態予測と修繕シナリオの評価を行い、修繕実施基準に基づく個別設備のマネジメントに基づくコスト評価を試みた。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 設備の劣化は確実に進行するが、コンクリートの中酸化進行速度は時間とともに減少するので、その速度は鈍化する。
- 2) トンネルは耐用年数が無いとされ、永久構造物に見られがちだが、維持管理を必要とする条件下では予防保全的に対処していくことが優れており、事後保全と比較して今後20年で10~11%のコスト縮減効果が得られる。
- 3) 維持補修の実施に際しては、修繕に要する価格が変化する直前の劣化レベルをまず無くしていくことが有効である。
- 4) 個別設備に着目したマイクロマネジメントを実施していくことで、年度ごとの投資計画における設備の修繕投資費用を合理的に決定することができる。

最後に、本研究の実施にあたり、早稲田大学特定課題研究助成費（2006B-096）を受けたことを記し謝意を表する。

参考文献： 1) アセットマネジメント導入への挑戦（土木学会）

2) Summer School 2005 建設マネジメントを考える（建設マネジメント勉強会）