

電気通信ネットワーク地下構造物の維持管理システムとその応用

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
 早稲田大学 学生会員 藤田悠介
 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¹⁾。

本研究では、維持管理システム構築の一例として電気通信ネットワーク地下トンネルを取り上げ、トンネル点検調査資料をもとにアセットマネジメント的手法のひとつとしてマルコフ決定過程を用いた数値シミュレーション解析を行なった²⁾。この結果をもとに当該設備維持管理の中長期予算計画の根拠となりうる累積修繕費用を具体的に算出した。

2. 将来状態予測

表1 劣化度個数(開削トンネル)

建設年	劣化度(個数)						
	O	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

表2 劣化度個数(シールドトンネル)

建設年	劣化度(個数)						
	O	A	B	C	D	E	F
2000~	792	19	2	18	1	0	0
1990~1999	49,369	3,492	922	3,741	178	24	12
1980~1989	65,738	5,352	3,227	6,314	946	788	100
1970~1979	38,483	4,113	1,183	4,687	303	159	38
1960~1969	9,378	494	124	423	86	103	80
1950~1959	3,241	657	15	654	5	0	0

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有効な確率理論を用い、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³⁾。表1,2は、設置場所等の環境条件から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1203本(開削トンネル963本

(総延長189.5km)、シールドトンネル240本(総延長189.2km)の劣化度個数(点検箇所単位数)を工法別、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1,2をもとにして、各工法において毎年の推移確率行列を求めた。

図1は、これらの推移確率行列を利用して各工法の劣化度集計に連鎖的に行列を乗じ、今後20年間で劣化がどの程度進行するかを開削、シールドそれぞれ全設備を対象に以下に示す健全度という指標を用いて示した結果である。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シールドトンネルで10年後に1.9%、20年後に4.6%程度の構造物の強度劣化に相当する健全度の低下をもたらすことが分かる。

[健全度 (health index)]

表3 重み点数

i	O	A	B	C	D	E	F
k_i	10	9	8	7	6	5	4

各劣化度の集計個数に表3に示す重みを付けて健全度の平均値 h を算出し、設備の損傷状態を把握することとした。

$$h = \sum k_i n_i / \sum n_i \quad (i=O \sim F)$$

なお、この重み点数は劣化度の程度差に明確な規定が存在しないため、劣化度Oとの相対比較で各劣化度とも1割ずつ構造物部材が強度低下している劣化状態と仮定して定めた。

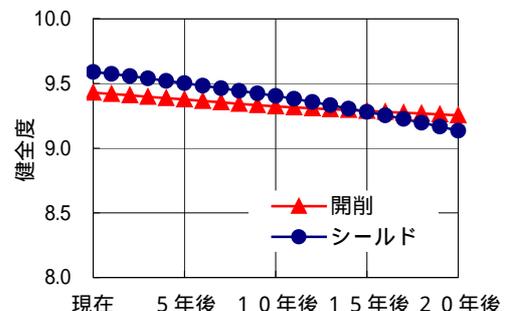


図1 劣化状態予測

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

3. 劣化予測に基づく維持管理シナリオ

次に、トンネルの地域別劣化状況を比較把握し、効率的な修繕実施を目指すため、対象トンネルを表4に示すa～jの10地域に細分して劣化度個数集計をおこない、同様の解析手順を用いて各トンネル工法それぞれで健全度評価を実施した(図2,3)。これらの結果を踏まえ、以下に示す修繕実施の基本的考え方を考慮したうえで、地域別評価に基づく維持管理シナリオを考案した。なお、修繕目標を健全度9.5とする構造物設計管理上の意味づけについては、「2002年制定 コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会)」で定める鉄筋コンクリートの終局限界状態設計時の構造物係数1.05に対応していると考えている⁴⁾。

表4 地域区分

開削トンネル										
地域	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
本数	70	41	56	50	153	150	230	61	106	46
延長(km)	27.2	8.7	4.1	2.4	37.6	28.6	43.1	17.1	19.0	1.9
シールドトンネル										
地域	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
本数	3	12	0	1	70	59	87	0	8	0
延長(km)	3.5	16.0	0.0	0.9	51.1	43.5	63.1	0.0	10.9	0.0

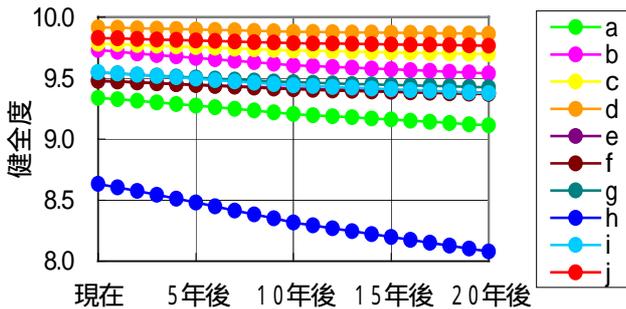


図2 地域別劣化予測(開削トンネル)

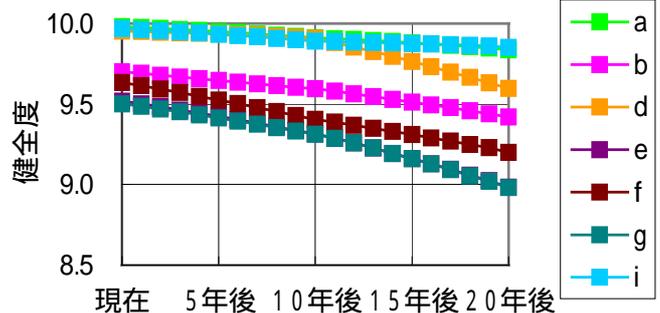


図3 地域別劣化予測(シールドトンネル)

[修繕実施の基本的考え方と維持補修シナリオ]

下記の基本的考え方をもとに修繕実施シナリオを考案した。

- ・健全度9.5を下回る地域を対象に、地域内で健全度9.5を下回るトンネルについてのみ劣化箇所を全て修繕する。
- ・修繕は毎年同時期に1回実施し、その信頼期間は10年で、11年目以降は構造物本体と同等に劣化すると仮定する。
- ・劣化度ABCは2万円/個、劣化度DEFは4.6万円/個の修繕費用を要し、費用計算は非割引現在価値法を採用する。

以上の条件で健全度9.5を下回る地域を修繕対象としたとき、図2,3からそのシナリオは開削、シールドともに一意的に求まり(シナリオ ,シナリオ)、図4はその際に発生する両工法の修繕費用の累積推移である。

- [開削] シナリオ
- (1) 初年度に a, e, f, h を修繕する。
 - (2) 5年後に i を修繕する。
 - (3) 6年後に g を修繕する。
 - (4) b, c, d, j は修繕しない。
- [シールド] シナリオ
- (1) 1年後に g を修繕する。
 - (2) 2年後に e を修繕する。
 - (3) 7年後に f を修繕する。
 - (4) 17年後に b を修繕する。
 - (5) a, d, i は修繕しない。

この図4で得られた将来にわたる年度ごとの累積修繕費用をもとに、地下トンネル維持管理の中長期予算計画を合理的な根拠をもって具体的に策定することが可能となる。

4. 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に、定量的観点から設備の維持管理政策の具体的な検討を試みた。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 推移確率行列の利用と健全度指標を用いることで、設備の劣化状況を的確に把握することができる。
- 2) 対象トンネルの地域別劣化状況を把握し、健全度9.5を修繕実施目標とする基準を設定することで、維持管理シナリオは一意的に求まる。
- 3) 個別設備に着目した維持管理を実施していくことで、年度ごとの設備の修繕投資費用に基づく中長期予算計画を合理的に決定することができる。

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)赤木,志賀,橋本,林:電気通信ネットワーク地下構造物の維持管理の一提案, No.6-193, pp385~386,土木学会第62回年次学術講演会,2007年9月 3) 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) 4) 2002年制定 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編](土木学会)

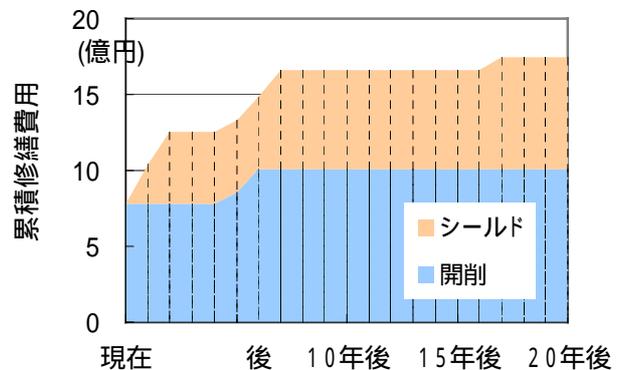


図4 累積費用予測