

地下鉄構造物のアセットマネジメントのための評価モデルに関する基礎研究（その1）

大阪市交通局 正会員 ○上新原 公治
交通サービス 正会員 堀 元治
交通サービス 正会員 豆谷 美津二

1. 目的

本研究は、公共性、経済性等から取替えが困難な地下鉄構造物を対象として、劣化による構造物のリスクを把握し、事後保全、予防保全を適切に組合せた維持管理などアセットマネジメントに関する評価モデルの検討を行った。評価モデルは、地下鉄における地下鉄筋コンクリート構造物を対象として、予防保全費用、昨年度報告した中性化による劣化予測を用いて事後保全費用に加えて、構造物のリスクを費用化（以下「リスク費用」という）を算出して評価する方法を構築し検証を行った。

2. 評価モデル

地下鉄構造物の維持管理は、「内空等を確保するための耐力」と「コンクリート片を剥落させない性能」を確保するため、目視等で把握できる顕在化した劣化と潜在劣化（構造物のリスク）に対応しなければならない。従って、評価方法は、顕在化する変状の抑制を目的とした予防保全による補修費用、顕在化した変状に対策を施す事後保全による維持費用およびリスク費用を加えた総費用を指標とし、総費用が最小となる維持管理方法で評価することが適切であると考え、社会的割引率を考慮した次式によることとした。

$$LCC = \sum F_k / (1 + \alpha 1)^{t_k} + \sum (G(Z_{tk}) + C(Z_{tk}))(t_{k+1} - t_k) / (1 + \alpha 1)^{t_k} \quad (1)$$

ここに Z_{tk} ：機能水準、 F_k ：補修費用、 $G(Z_{tk})$ ：維持費用、 $C(Z_{tk})$ ：リスク費用、 $\alpha 1$ ：社会的割引率

予防保全は、ある区間全体を対策するものとして考えており、補修費用と構造物の機能水準とは関係しないが、構造物の状態に応じて発生する維持費用やリスク費用については構造物の機能水準と関係付けている。

3. 地下鉄構造物の機能水準

地下鉄構造物の機能水準は、鉄筋腐食により発生するコンクリートの剥落面積を用いて次式によることとし、鉄筋の腐食面積率¹⁾は過去の分析結果における相関性²⁾を考慮して補正している。さらに、性能の低下に対して期待できる対策工法の効果から実施時期を考慮した維持管理のシナリオを設定し、概念を図1にまとめた。

$$Z = 100 - Y1 \times \alpha \quad (2)$$

$$Y1 = 97.77 e^{-0.06(X+20)} \quad (3)$$

$$y = b \sqrt{t} \quad (4)$$

ここに Z ：構造物の性能

$Y1$ ：鉄筋の腐食面積率

α ：補正係数

X ：中性化残り（ $d - y$ ）

d ：鉄筋のかぶり

y ：中性化深さ

b ：中性化速度係数

t ：経過年数

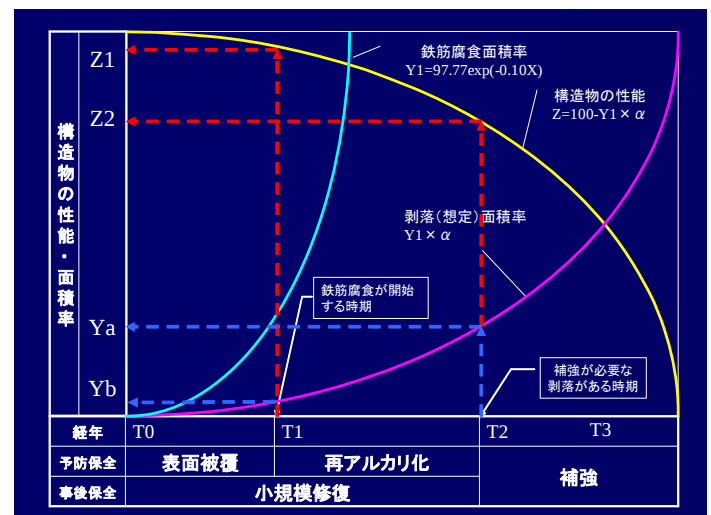


図1 地下鉄構造物における性能変化の概念

4. 補修費用と維持費用

補修費用と維持費用は、構造物の表面積に対策工の単価を乗じる次式によることとし、維持管理のシナリオに基づく対策工を選定するため境界条件を設定している。なお、対策による機能水準への効果は、鉄筋および中性化に対する対策時の回復効果と対策後の性能低下の低減効果を整理しており、概念を図2～4に示す。

キーワード 地下鉄構造物、アセットマネジメント、リスク、劣化予測、中性化

連絡先 〒550-0025 大阪市西区九条南1丁目12番64号(大阪市交通局庁舎4階) 交通サービス(株) TEL 06-6581-9579

$$F_k=A1 \times F_i \tag{5}$$

$$G(Z_{tk})=A1 \times Y \times F_4 \tag{6}$$

ここに A1：維持管理面積，Fi：補修費用単価，F4：維持費用(小規模修復)単価，Y：剥落面積（＝Y1×α）

Z1≦Z_{tk}：i=1 表面被覆単価，Z2≦Z_{tk}<Z1：i=2 再アルカリ化単価，Z_{tk}<Z2：i=3 補強単価

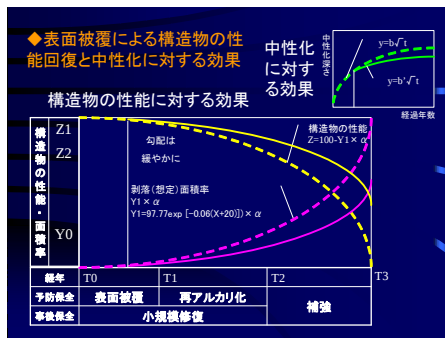


図2 表面被覆の概念

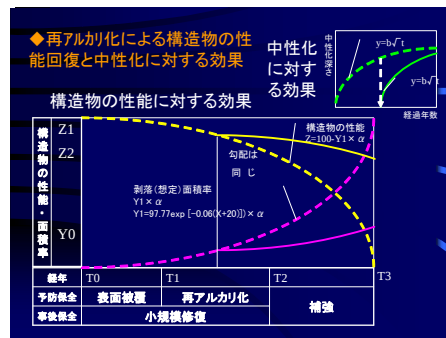


図3 再アルカリ化の概念

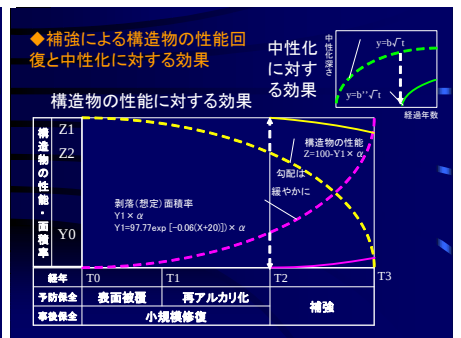


図4 補強の概念

5. リスク費用

リスク費用については，リスクが顕在化した場合の事業者，利用者の損失を費用化することとし，概念を図5に示す．これに，リスクが顕在化する確率を考慮してリスク費用を算出することとした．

6. 評価モデルの検証

対象とする構造物は，表1に示す大阪市交通局における一般的な線路部の構造をモデル化し，中性化速度係数を3～9まで変化

させて計算しており，その結果を表1に示す．また，一例として中性化速度係数が7のケースについて，5年毎に予防保全を実施させた場合の機能水準の変化を図6，100年間の総費用を図7に示す．

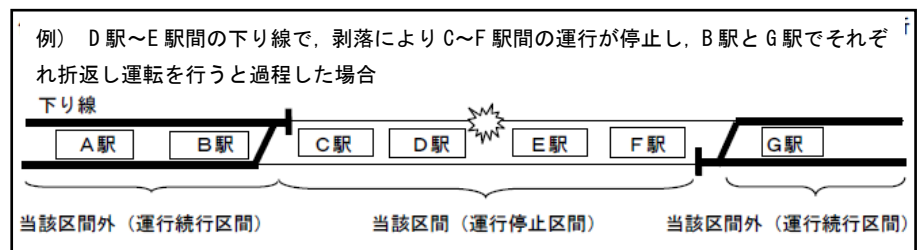


図5 リスク費用の概念

表1 評価モデルによる計算結果

	中性化速度係数				
	3～5	6	7	8	9
予防保全実施年次	—	60年後	20年後	0年後	0年後
対策工法	事後保全	再アルカリ化	再アルカリ化	再アルカリ化	再アルカリ化

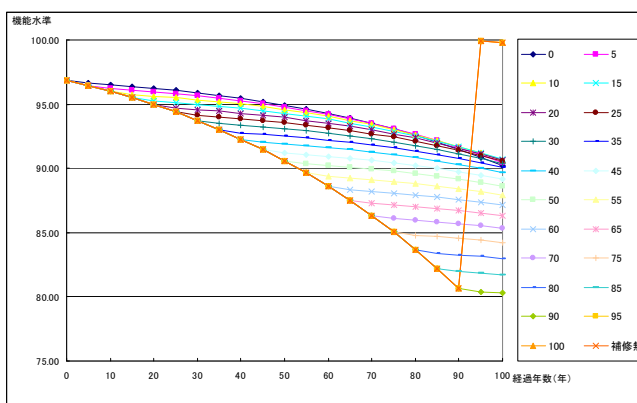


図6 機能水準の変化

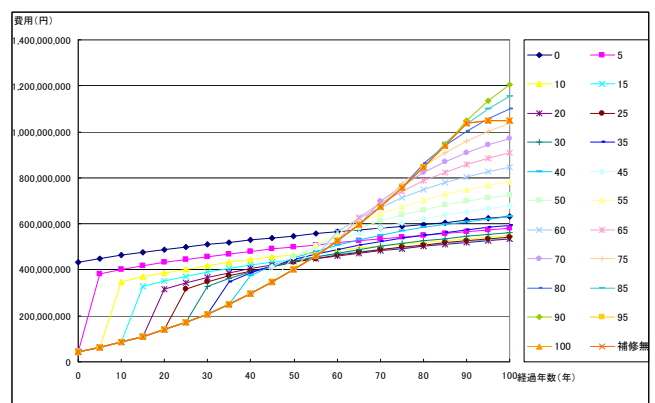


図7 100年間の総費用

7. まとめ

評価モデルの構築により，維持管理方法の定量的な評価が可能で，予防保全の導入に対する基本的な考え方が整理できたと考える．一方で，評価モデルに用いる係数やデータ等の精度を高めるための分析を進めるとともに，塩害や複合劣化等の劣化要因や剥落対策など新たな工法のモデル化も必要である．

参考文献 1)土木学会：2001年制定，コンクリート標準示方書[維持管理編]，p.81～96，2001 2)島 拓造，上新原 公治 他：地下鉄構造物のアセットマネジメントのための劣化予測に関する基礎研究，第64回土木学会年次学術講演会，2009，9