

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の確立

交通サービス 正会員 ○豆谷 美津二
 大阪市交通局 正会員 上新原 公治
 大阪市交通局 萩 直 樹

1. 目的

地下鉄構造物については、公共性、経済性等から取り替えが困難であることから、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手法の確立を目的に、アセットマネジメントの観点から踏まえた評価モデルの検討を行ってきた。本研究では、これまでに構築した評価モデルの精度の向上を図るため、コンクリートの剥落面積と鉄筋腐食面積との関係や、剥落対策工の評価モデルへの適用可能性について検討を行った。

2. 評価モデルの考え方

既往の研究¹⁾では、顕在化する変状の抑制を目的とした予防保全費用、顕在化した変状に対策を施す事後保全費用及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とした。また、地下鉄構造物の性能については、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表現しており、性能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のとおり設定した。

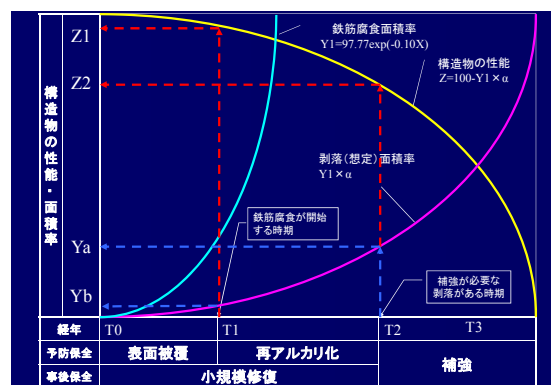


図1 構造物の性能と対策工の概念

3. 構造物の性能の算出に用いる補正係数の分析

評価モデルにおいて、構造物の性能は、鉄筋の腐食面積率に補正係数を乗じたものをコンクリートの剥落面積率としており、構造物の性能を表現する上で重要な係数であることから、本研究では、構造物の状態及び物理調査データから補正係数の分析を行った。

(1) 調査方法

剥落面積率については、図2に示すとおり、中性化深さの調査箇所を中心に2m四方の構造物の状態から算出している(A'/A)。鉄筋腐食面積率($Y1$)については、当該調査箇所の中性化深さとかぶりから、 $Y1=97.77\exp\{-0.06(X+20)\}$ により算出している²⁾。

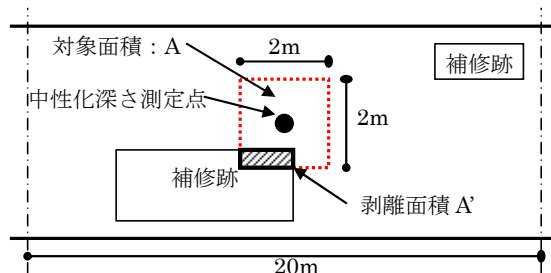


図2 剥落面積率の算出方法

(2) 結果

これら剥落面積率と鉄筋腐食面積率から補正係数($\alpha=(A'/A)Y1$)を算出し、中性化残りとの関係を示したものを図3に示す。

補正係数は、40mm 以上になるとばらつきが発生しているが、これについては、過去の分析から中性化残りが40mm 以上で鉄筋腐食による剥落が発生することは考えにくく、サンプルの中には補修跡のデータも含まれていることから、豆板などの初期欠陥の可能性が高い。以上から、補正係数は、概ね0.05 までの範囲に収まっているものと考えられる。

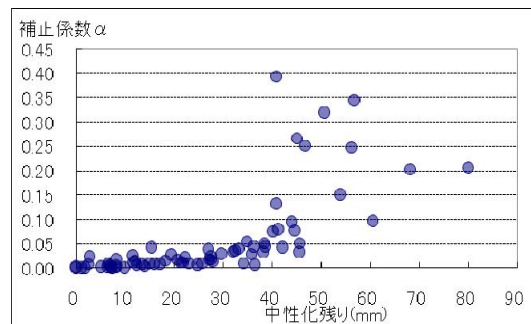


図3 中性化残りと補正係数の関係

キーワード 地下鉄構造物, アセットマネジメント, リスク, 中性化, 剥落対策工

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

4. 予防保全に活用可能な工法の検討

近年、コンクリート片の剥落による社会的影響の観点から、「剥落に対する安全性」が重要視されてきており、大阪市交通局においても光硬化樹脂シート工法による剥落対策を実施している。これまでの検討¹⁾においては、構造物の要求性能である「構造物の安定性」に効果が期待できる工法として、表面被覆や再アルカリ化を対策工法として選定してきたが、本研究では、「構造物の安定性」に加え、「剥落に対する安全性」について整理し、評価モデルに適用することとした。剥落対策による回復及び低減効果の考え方と定式化のイメージを表1に示す。

表1 対策工法の効果の考え方と定式化のイメージ

対策工法	考え方				定式化のイメージ			
	対策時の回復効果		対策後の低減効果		対策時の回復効果		対策後の低減効果	
	構造物の性能	剥落に対する安全性能	構造物の性能	剥落に対する安全性能	構造物の性能	剥落に対する安全性能	構造物の性能	剥落に対する安全性能
小規模修復	なし		なし		—	—	$Y1=97.77e^{-0.06(d-y+20)}$	
表面被覆	なし		あり		—	—	$Y1=97.77e^{-0.06(d-\beta \times y+20)}$	
再アルカリ化	なし		あり		—	—	$Y1=97.77e^{-0.06(d-y+20)}$	
シート接着	なし	あり	あり	あり	—	$Z'=100$	$Y1=97.77e^{-0.06(d-\beta \times y+20)}$	
補強	あり		あり		$Z=100$	$Z'=100$	$Y1=97.77e^{-0.06(d-\gamma \times y+20)}$	

β : 表面被覆及びシート接着による進行低減係数, γ : 補強による進行低減係数

5. 評価モデルの検証

対策工法として、シート接着を新たに評価モデルに組み込み、中性化速度係数を変化させてシミュレーションを実施した。補正係数については、3. の分析結果から、中性化残り 40mm 以下のデータの平均値である 0.0173 を用いた。これまでの評価モデルとのシミュレーション結果の比較を表2に示す。

表2 評価モデルによるシミュレーション結果

		中性化速度係数						
		3	4	5	6	7	8	9
シート接着 工法 無	予防保全 実施年次	—	—	—	60年後	20年後	0年後 (即実施)	0年後 (即実施)
	対策工法	(事後保全)	(事後保全)	(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
シート接着 工法 有	予防保全 実施年次	—	55年後	10年後	0年後 (即実施)	0年後 (即実施)	0年後 (即実施)	0年後 (即実施)
	対策工法	(事後保全)	シート接着	シート接着	シート接着	シート接着	シート接着	シート接着

シート接着を組み込んだ今回の評価モデルにおいては、中性化速度係数が4以上でシート接着による予防保全が必要となった。これは、シート接着を行うことで、剥落に対する安全性能が回復し、リスク費用が他の工法による予防保全の実施や事後保全の場合よりも軽減されるためであると考えられる。

6. まとめ

今回の検討により、剥落面積と鉄筋腐食面積の関係を整理するとともに、予防保全に活用可能な剥落対策工法をモデルに加えることで、中性化による構造物の維持管理に関する評価モデルは構築できたと考える。今後は、調査結果等に基づき数値、係数を設定して具体的な維持管理戦略（中性化に関する）の計画を立案する予定である。また、平行して、塩害や複合劣化といった劣化要因に対する維持管理方法に関する検討を進める予定である。

参考文献 1)上新原 公治, 堀 元治, 豆谷 美津二: 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), 第 65 回土木学会年次学術講演会, 2010.9 2) 島 拓造, 上新原 公治, 堀 元治, 豆谷 美津二: 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