

鉄道構造物の維持管理へのリスクマネジメントの適用（3）コンクリート鉄道橋

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 大屋戸 理明 鳥取 誠一
大成建設（株） 正会員 堀 倫裕 亀村 勝美 畠中 千野

1. はじめに

近年、公共性の高い土木構造物の維持管理について、効率的な予防保全の実現と説明責任の完遂を求める声が高まりつつあり、このような背景の下、客観的かつ定量的な計画手法が求められている。本稿では、最適な補修対策案を立案するための比較的簡便で操作性の高い方法論を提案するとともに、コンクリート鉄道橋を対象に実際の点検データを活用して実施したケーススタディについて述べる。

2. 方法論の概要

本研究で構築した方法論は、図1で示すように、構造物の劣化や劣化進行を制御する行為（点検や補修等）を行列やベクトルで定量的にモデル化し、これらを組み合わせて演算を行うことで構造物の将来の状態遷移をシミュレートしつつ、その過程で発生するリスクを含んだトータルコストを算出するものである。

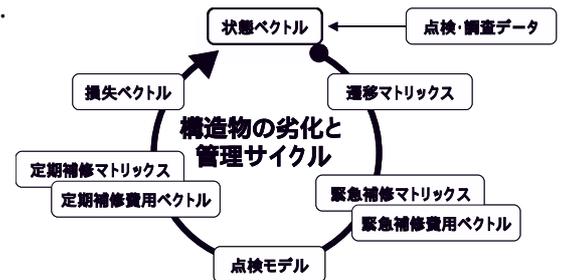


図1. 構造物の劣化と管理サイクル

3. ケーススタディ

アルカリ骨材反応による劣化が支配的なコンクリート鉄道橋の実構造物を対象に、実際の点検・補修記録に基づくケーススタディを実施した。

3.1 対象構造物の概要

対象構造物は、延長約500mの鉄筋コンクリート（RCラーメン）高架橋であり、以下では点検データの存在する梁と柱について評価を行うこととした。表1に対象橋梁の点検補修履歴を示す。

表1. 対象コンクリート鉄道橋の点検補修履歴

状況	昭和51年 竣工
	経年10年 外観調査（アルカリ骨材反応による劣化を確認）
	経年11年 梁・橋脚の補修（表面被覆工）
	経年24年 外観調査

表2. 健全度指標

判定区分	運転保安等に対する影響	変状の程度	措置
S	影響無し	なし	
C	現状では影響無し	軽微	重点的に検査
B	進行すればAランクになる	進行すればAランクになる	監視(必要に応じて措置)
A2	将来脅かす	変状が進行し、機能低下のおそれ	必要な時期に措置
A1	早晩脅かす 異常外力の作用時危険	変状が進行し、機能低下も進行	早急に措置
AA	危険	重大	直ちに措置
D	危険(災害発生)	重大	直ちに措置

3.2 健全度指標

検討で用いた健全度指標を表2に示す。判定区分S~AAは、鉄道事業者が一般に用いている建造物保守管理標準¹⁾に基づいている。さらにここでは判定区分Dを新たに設け、コンクリートの剥落といった通常の管理を逸脱した状態の想定をおこなっている。

3.3 対象橋梁のモデル化

点検結果によると、柱・梁ともに、劣化が進行した部材が外縁部に集中していることが確認されている。そこで、雨水による水分の供給条件の違いがアルカリ骨材反応進行速度に影響を及ぼしていると想定し、柱・梁を、各々雨水の影響を受けやすい「外縁部」と比較的乾燥していると考えられる「内側」の2つに再分類して評価を行うこととした。評価対象となった部材群（エレメントグループと称する）毎に集計した部材数（エレメント数と称する）を表3に示す。

3.4 状態遷移マトリクス

表3に示したエレメントグループ毎に、実測された点検データに基づき遷移マトリクスを作成した。例として、柱外縁部に関する各状態毎のエレメント数の集計結果を表4に示す。検討ではまず、竣工から経年10年までの遷移データを用いて無対策状態の遷移マトリクスを作成した。次に、経年11年の表面被覆工の実施から経年24

キーワード：維持管理計画、リスクマネジメント、鉄道構造物、コンクリート鉄道橋

連絡先：〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 Tel: 03-5381-5296

年までの遷移データを用いて表面被覆工実施後の遷移マトリクスを作成した。具体的には、1年毎の状態の推移を表す遷移マトリクスを[T]、n年後及びn+10年後の状態ベクトルを各々

$$\{S_n\}, \{S_{n+10}\} \text{とし、} [T] \text{が定常(年に依存しない)と仮定して、} \{S_{n+10}\} = [T]^{10} \{S_n\}$$

より、遷移マトリクス[T]を得た。柱外縁部の遷移マトリクスによる竣工後100年間の状態遷移を図2に示す。

3.6 補修戦略代替案の策定

構造物の維持管理においては、最適な補修戦略（点検間隔を何年にし、どの状態になったらどの程度の補修を行うか）を探索することが重要である。ここでは定期点検間隔を2年に固定し、補修を実施する判定区分のみを変化させた以下のような代替案を作成して比較評価を行った。

代替案1：定期点検結果がA1～Dのものを補修 A1, AAは断面修復工

代替案2：定期点検結果がA2～Dのものを補修 A2は表面被覆工, A1, AAは断面修復工

代替案3：定期点検結果がB～Dのものを補修 B, A2は表面被覆工, A1, AAは断面修復工

代替案4：定期点検結果がC～Dのものを補修 C, B, A2は表面被覆工, A1, AAは断面修復工

補修工法としては、コンクリートの損傷が軽い場合（健全度ランク：C, B, A2）には表面被覆工を、損傷が著しい場合（健全度ランク：A1, AA）には断面修復工を行うこととし、どちらの工法とも補修後は健全な状態に戻ると仮定した。なお、補修費用は健全度ランクに応じて変化させている。

3.7 試算結果

試算により得られた意思決定支援情報のうち、今後50年間の累積トータルコストによる代替案の比較結果を図3に示す（横軸：経年、縦軸：トータルコスト）。トータルコストには、剥落発生にともなう損失（リスク）も含まれている。試算結果から、今後15年以上供用を続ける場合には、代替案3の採用が累積トータルコスト最小化の観点から有利であるということが出来る。

4.まとめ

ケーススタディで示したとおり、この手法は、比較的簡便な手順により、実際の点検データを活用し、維持管理に関する意思決定支援情報を作成できる。この点において、実務者にとっても有用であると考えられる。本検討では、限られた既存の点検データに基づく評価を実施したが、今後は、更なるデータの蓄積や劣化予測モデルの精度の検証を通じて、検討精度向上を図っていくことが重要である。

参考文献 1) (財)鉄道総合技術研究所：建造物保守管理の標準・同解説（コンクリート構造），研友社，1987.9
2) 堀，他：リスクを考慮した土木構造物の維持管理計画手法 JCOSSAR2003 論文集 2003.11

表3.エレメントグループとその数

エレメントグループ	エレメント数
柱（外縁）	146
柱（内側）	91
梁（外縁）	174
梁（内側）	306

表4.橋脚部外縁点検データ

判定区分	無対策状態の点検データ		表面被覆工後の点検データ	
	竣工直後	経年10年点検時	経年11年補修直後	経年24年点検時
S	146	87	21	4
C	0	35	0	7
B	0	9	0	4
A2	0	15	0	5
A1	0	0	0	1
AA	0	0	0	0
D	0	0	0	0

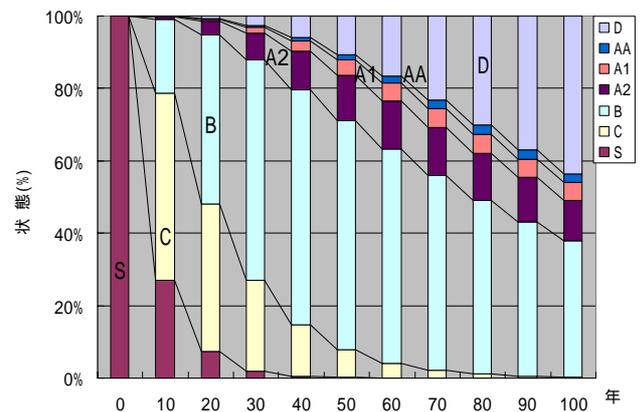


図2. 柱外縁部に関する劣化過程

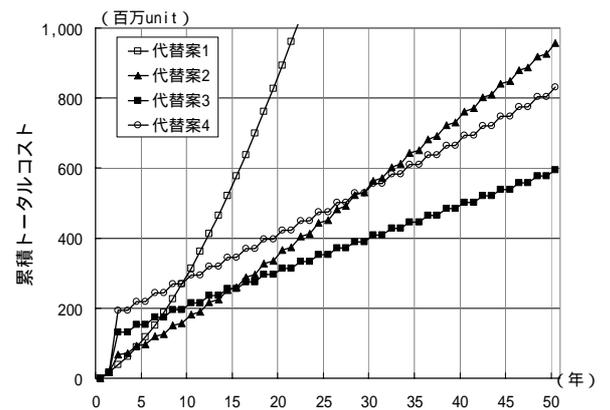


図3. 累積トータルコスト