

第VI部門 RC床版の集計的劣化リスク評価

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○田中 晶大
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小濱 健吾, 貝戸 清之
 西日本高速道路株式会社 松井 隆行, 宮田 弘和

1. はじめに

高速道路橋のRC床版を維持管理する際、点検を行う最小単位と、補修を行う最小単位で異なる場合がある。本研究では、主桁と横桁に囲まれた区間をパネル（点検を行う最小単位）、隣接する橋脚間の上下線単位をスパン（補修を行う最小単位）と定義する。このとき、複数のパネルから1つのスパンが構成される。従来、スパン内の各パネルの健全度をスパン単位の健全度に集約し、スパン単位の健全度のみを用いて劣化評価を行っていた。しかし、スパン単位の健全度に集約する過程で、パネル単位のデータの大半を活用しないため、実際のスパンの劣化状態を詳細に評価できない場合がある。また、パネル単位での詳細な劣化状態はパネル単位での健全度情報として考慮し、点検や補修の意思決定を行うことが望ましい。そこで本研究では、パネル単位の健全度情報を点検や補修の意思決定に直接的に用いる方法論を統計的劣化予測モデルと確率過程モデルにより提案する。

2. 劣化予測手法

マルコフ劣化ハザードモデル²⁾を用いてパネル単位の劣化予測を行う。そして、同モデルを推定する際に獲得されるマルコフ推移確率を用いて、任意時点におけるスパン内の各パネルの健全度の同時生起確率を多項分布で表現した集計的劣化過程モデルを開発する。なお、マルコフ劣化ハザードモデルに関する説明は参考文献²⁾に譲る。これにより、パネル単位の劣化過程を考慮した上で、スパン内のパネルの健全度ごとのパネル枚数（以下、健全度パターン）の時間的推移を確率過程として表現できる。さらに、リスク管理指標を定義することによりスパン単位の劣化状態を評価する。また、スパン単位の相対的劣化評価により、点検や補修の優先順位付けを実施する。

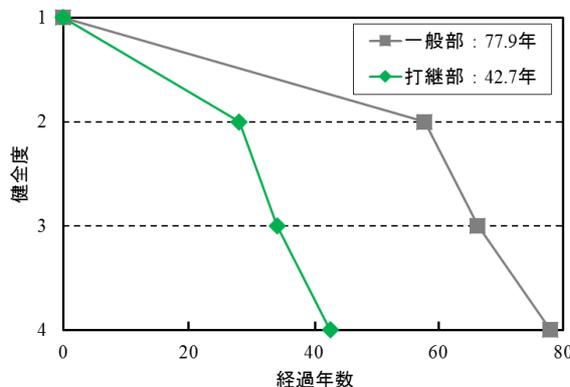


図-1 期待劣化パス

3. 適用事例

(1) 適用データ諸元の概要

高速道路橋のRC床版を分析対象とする。本研究では、パネル単位の損傷度を、4段階の離散的な健全度として扱っており、スパン単位の健全度は、スパン内の全てのパネルの健全度の占有率に基づき、5段階で判定している。それぞれの詳しい評価手法は参考文献³⁾を参照されたい。また、健全度は、その数値が大きくなるほど劣化が進展している状態を表しており、最も数値の大きい健全度を管理限界としている。次に、対象とする橋梁は1963年から1989年の間に供用が開始されており、1986年から2014年にかけてパネルごとに実施された目視点検の結果、9,801データが電子形式で保存されていた。また、パネルの補修直後に健全度1の状態に回復すると仮定して1,388個の補修全データもマルコフ劣化ハザードモデルの推定用サンプルに付加した。これらの観測データより推定に用いるサンプルを作成すると、5,423パネルに関してサンプルサイズが13,803となった。

(2) 分析結果

獲得されたサンプルを用いてマルコフ劣化ハザードモデルを推定する。対象データ内の複数の項目を特性変数として、特性変数ごとに推定したモデルの

Keywords: RC床版 劣化予測モデル 確率過程モデル マルコフ推移確率 リスク管理指標

〒565-0871 吹田市山田丘2-1 E4棟 332号室 TEL:06-6879-7622

Email: a.tanaka@civil.eng.osaka-u.ac.jp

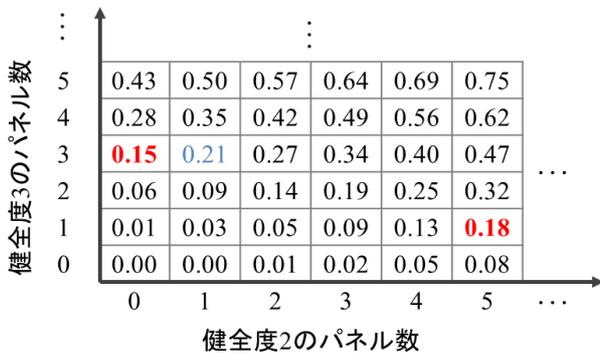


図-2 健全度パターン毎のリスク管理指標

AIC を比較した結果、モデルの説明力が最も高い特性変数は、「コンクリートの打継目が存在するかないか」であった。そこで、打継目の存在するパネルを打継部、存在しないパネルを一般部と呼び、それぞれの劣化過程を図-1 に期待劣化パスとして表現する。同図より、打継部と、一般部が管理限界に達するまでの期待寿命の差が、35.2 年であることから、パネル単位で異なる情報を考慮することの必要性を見て取れる。そこで、推定されたマルコフ推移確率と集計的劣化過程モデルを用いることにより、一般部と打継部の枚数を考慮したスパン単位の劣化状態を評価する。まず、図-2 に示すように任意時点における健全度パターン毎のリスク管理指標を算出した。ここでは 15 年後、スパン判定がIVになる確率をリスク管理指標として定義している。また、対象とするスパンは 12 枚（一般部 8 枚、打継部 4 枚）のパネルで構成されており、打継部から劣化が進展しているとする。個々のセルの位置は現在の健全度パターンを示しており、セル内の数値がリスク管理指標を表す。例えば、同図の青字のリスク管理指標では、現時点で、健全度 1 のパネルが 8 枚、健全度 2 のパネルが 1 枚、健全度 3 のパネルが 3 枚、健全度 4 のパネルが 0 枚（以下、健全度パターンを (8,1,3,0) とする）のとき、15 年後にスパン判定IVとなる確率(リスク管理指標)は 0.21 となる。このように、リスク管理指標を定義することにより、現在の健全度パターンから将来時点でのスパン単位の劣化状態が評価される。また、リスク管理指標の相対評価により点検や補修の優先順位を決定できる。例えば、赤字のリスク管理指標を相対評価すると、リスク管理指標が 0.18 の方が大きい値を示しているため、15 年後では、そのスパンを優

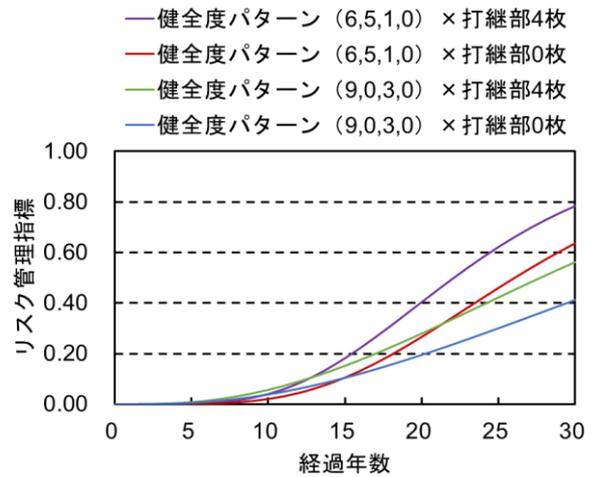


図-3 リスク管理指標の時間的推移

先的に点検や補修することが望ましい。次に、リスク管理指標の時間的推移を観測する。図-3 では健全度パターンや打継部の枚数を変化させ、経年による点検や補修の優先順位が逆転する時点を観測できる。例えば赤線と緑線のリスク管理指標を比較した場合、15 年後時点では緑線のリスク管理指標が高いが、23 年後以降は赤線のリスク管理指標が高くなっている。このように、リスク管理指標の大小が逆転していることから、点検や補修の優先順位も逆転している。

4. おわりに

本研究では、パネル単位の劣化状態を考慮した上で、スパン単位の劣化状態を評価するための集計的劣化過程モデルを開発した。また、同モデルに基づき設定されたリスク管理指標をもとに、スパン単位の劣化状態を表現した。さらに、スパン単位ごとの相対評価により点検や補修の優先順位付けを実施した。

【参考文献】

- 1) 貝戸清之, 福田泰樹, 起塚亮輔, 橋爪謙治, 出口宗浩, 横山和昭: 遊離石灰に基づく RC 床版の劣化予測および補修優先順位の決定, 土木学会論文集 F4, Vol.68, No.3, pp.123-140, 2012.
- 2) 津田尚胤, 貝戸清之, 青木一也, 小林潔司: 橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定, 土木学会論文集, No.801/I-73, pp.69-82, 2005.
- 3) 西日本高速道路株式会社: 保全点検要領 (構造物編), 2006.