

## プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「橋梁補修施策プロファイリング手法の開発」
<p>プロジェクトリーダー</p> <p>・氏名: 貝戸 清之</p> <p>・所属、役職: 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 准教授</p>
研究期間: 平成29年9月～令和2年3月
<p>プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)</p> <p>大阪大学, 近畿地方整備局, 近畿技術事務所, 京都国道事務所, オリエンタルコンサルタンツ, パスコ</p>
<p>プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)</p> <p>5年に一度の近接目視点検が義務化され、橋梁を対象とした目視点検データが蓄積されてきている。目視点検に代替し得る新技術の開発も進むなか、今後は長年にわたって蓄積された膨大な点検ビッグデータを実務的課題の解決や、アセットマネジメントの継続的稼働に向けて、どのように活用していくかが重要となってくる。申請者らの研究グループでは過去15年間、点検データを用いた劣化予測やライフサイクル費用に基づいた橋梁の最適補修計画の策定に取り組んできた。しかし、多くの管理者では予算・人員制約のために、全橋梁を対象に劣化曲線を作成し、厳密にライフサイクル費用最小化計画を立案することに実務的な意味を持たない。むしろ、劣化特性や損傷の種類に基づいて橋梁をグループ化し、グループ内における補修施策の標準化と、グループ間における補修施策の差別化を通じた補修施策プロファイリングを行うことが望ましい。</p> <p>本研究プロジェクトでは、橋梁部材の目視点検データの統計分析を通して、劣化要因を特定するとともに、その劣化要因を説明変数として内包するような劣化予測モデルを用いた劣化速度の異質性のモデル化と、劣化速度の異質性に着目した補修施策の統計的プロファイリングのための方法論を提示する。さらに、近畿地方整備局管内の橋梁群を対象とした補修施策プロファイリングによって提案手法の妥当性を実証的に確認する。</p>
<p>プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)</p> <p>産官学の体制で研究プロジェクトを進める。具体的な研究内容は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視点検データの統計分析(管理対象橋梁群のマクロな劣化要因の抽出)</li> <li>・劣化過程モデリング(マルコフ連鎖モデルを中心に、複合的劣化などを適宜考慮したモデル開発)</li> <li>・ベンチマーク分析と劣化速度の異質性評価</li> <li>・補修施策の立案(予防保全、事後保全など)とライフサイクル費用評価(平均費用法の適用)</li> <li>・補修施策に関する統計的プロファイリング手法の開発(劣化速度の異質性を判断指標とする)</li> <li>・近畿地方整備局管内の橋梁を対象とした実証分析と、市町村への展開を視野に入れた方法論の汎用化</li> <li>・プロファイリング手法のその他の実務的課題への適用</li> </ul> <p>以上の研究内容に対して、学(大阪大学)は劣化予測やライフサイクル費用評価など、プロファイリング手法の構築に必要な方法論を数理統計学や確率論を用いて開発するなど、プロジェクト全体を通してその根幹となる要素技術や方法論の開発に主体的に取り組む。官(近畿地方整備局, 近畿技術事務所, 京都国道事務所)は分析対象となる橋梁群の選定や点検データ他の提供および方法論・解析結果に対する実務的観点からの示唆を与える。産(オリエンタルコンサルタンツ, パスコ)は実際の目視点検業務や補修工事を通して得られた知見を方法論(補修工法の選定や単価の設定など、補修施策の立案など)に反映させるための助言や一部プログラムの学との共同開発を行う。なお、産官学の体制は年度ごとの研究内容に応じて、柔軟にメンバーを追加する。研究会は2ヶ月に1回程度の頻度で開催する。具体的に1年目は、近畿地方整備局管内の橋梁を対象とした目視点検データを統計分析することによって、主要部材(鋼桁端部)と、その劣化(腐食)の主要因(漏水の有無)を抽出する。また主要部材の劣化過程と部材間の関連性などをマルコフ劣化ハザードモデルを拡張する形でレジームスイッチング・マルコフ劣化ハザードモデルを開発する。2年目は重要部材の一つであるRC床版を対象として、想定され得る補修シナリオの立案とライフサイクル費用評価手法を検討する(同時に、マネジメントのためのデータベースの在り方についても協議する)。また、劣化速度の異質性、あるいは異質性間の相関構造に基づく統計的プロファイリング手法の開発をベンチマーク分析に基づいて実施する。3年目は実証分析によって、具体的に緊急対策が必要な橋梁グループ、予防保全、事後保全グループに橋梁を分類するとともに、各グループの補修施策を提示するとともに、実務との整合性を比較検証する。さらに、統計的劣化予測モデル、ライフサイクル費用分析手法およびリスク評価手法としてのフォルト・ツリー分析を組み合わせた費用リスク分析を実施して、部材ごとの劣化の実態に即した点検周期の在り方について考察を加える。</p>

プロジェクト・研究成果の概要(2 / 2)

プロジェクトの研究成果の概要

【1年目の研究成果】 鋼桁端部の腐食に対する伸縮装置の予防保全の効果

実際の目視点検データを用いた統計的劣化予測により鋼桁端部における腐食に対する寿命を約12年と推計した。その結果、これまでの塗装の塗り替え周期(10年~15年)が実現象との比較を通して妥当性であることを確認できた。また、伸縮装置の破損による漏水が桁端部の腐食を加速していることをレジームスイッチング・マルコフ劣化ハザードモデルを用いて明らかにするとともに、伸縮装置のように主部材ではない部材であったとしても、主部材の劣化・損傷に多大な影響をもたらす場合があることから、今後点検周期を検討していく際には、部材間の関係性も考慮しなければならないことを示唆した。図-1は解析結果である。青色の実線が桁端部に漏水がない場合(通常モード)の期待劣化パスで、赤色の実線が桁端部に漏水がある場合(異常モード)の期待劣化パスである。また縦軸の健全度は1~5が防食機能の劣化, 5~6が腐食を表す。同図より、防食機能の劣化段階では桁端部の漏水の有無は劣化速度に影響はなく、腐食の進展速度に大きい影響を及ぼすことがわかる。最終的には、桁端部に漏水がある場合とない場合で、期待寿命が22年と35年になることが読み取れる。

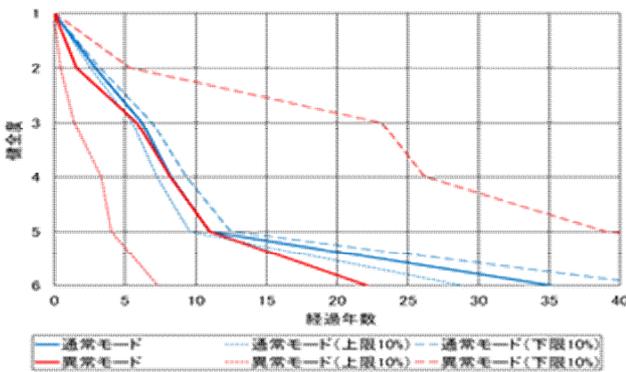


図-1. 鋼桁端部の腐食劣化過程

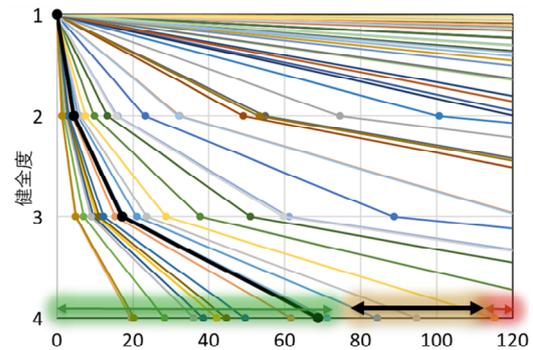


図-2. RC床版の劣化プロファイリング

【2年目の研究成果】 劣化速度の異質性を考慮した補修戦略プロファイリング

RC床版を中心とした劣化予測, 具体的にはベンチマーク分析とプロファイリングを実施して, RC床版の劣化相対比較に基づく補修優先順位の設定を行った。さらに, 実際の長寿命化計画における補修優先順位と比較することによって, 両者の優先順位に差異が生じていることを確認した。ただし, この差異に関しては実際の補修計画が橋梁の損傷状態のみならず, 様々な要因(補修工事のロット, 対象橋梁の重要度)を加味した上で総合的に決定されていることから必然的に生じ得るものである一方で, 実際の点検データに基づくプロファイリングにより重大な損傷を有する橋梁が補修優先順位で上位にくることを明らかにした。図-2は混合マルコフ劣化ハザードモデルを用いて推定した個々の橋梁の劣化予測結果である。同図の劣化予測結果とプロファイリング手法に基づいて検討した結果, 異質性パラメータが比較的大きい(劣化速度が大きい)橋梁グループに関しては予防保全的な補修戦略が, 一方で異質性パラメータが比較的小さい橋梁グループに関しては, 事後補修的な補修戦略が最適となることがそれぞれ判明した。

【3年目の研究成果】 橋梁部材種別間の点検頻度の相違を考慮した最適点検施策

主要部材(桁端部, RC床版, 伸縮装置, 支承)のリスク発生確率を要素とする橋梁フォルト・ツリーを作成して, 点検データから橋梁全体のリスク評価手法を開発し, 部材ごとに実態に即した点検周期を検討するための方法論を手掛けた。これにより劣化が進行した部材や重要度の高い部材に関しては5年よりも短周期で目視点検を実施する一方で, 劣化の進行が遅い部材に関しては5年よりも長周期の目視点検を実施することによって, 現行の5年に一度の一括点検よりも費用・リスクともに同時に低下できる可能性があることを示唆した。

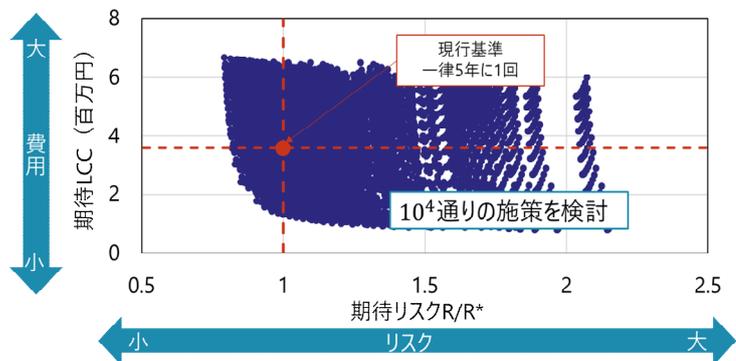


図-3. 費用 リスクのトレードオフ関係

