

## 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> <ul style="list-style-type: none"> <li>・氏名(ふりがな): 貝戸 清之(かいと きよゆき)</li> <li>・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</li> </ul>
研究期間: 平成29年9月～平成32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>京都大学, 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, パシフィックコンサルタンツ</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か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, 京都大学)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となる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, パシフィックコンサルタンツほか)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、主要部材と、その劣化の主要因を抽出する。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モデル化する。さらに、ベンチマーク分析を通して、劣化の主要因では説明できない個別橋梁の劣化速度の異質性を定量的に評価する。2年目は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行う。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、統計的プロファイリング手法を援用する形で、補修工法の相違による補修効果の事後評価手法の開発や、塗膜劣化やひび割れに対する補修と目視点検を包括したような一括発注方式の可能性に関する確率論的考察を加える。</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(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

本年度は当初の予定通り、橋梁補修施策プロファイリング手法の開発した。具体的には、混合マルコフ劣化ハザードモデルを用いて、橋梁の劣化速度の差異により各橋梁の劣化曲線を算出した上で、平均費用法を用いて各橋梁グループに対する最適補修戦略となるLCCと全体の橋梁の最適補修戦略となるLCCの比により、同一グループ内で最適となる補修戦略を決定する。さらに、プロファイル集合に含まれなかった橋梁を全体橋梁のLCC費用がその次に小さくなる補修戦略を分母として再びプロファイリングし、各グループでの補修戦略を差別化する。

開発した手法を京都国道事務所管内に所在する54橋のRC床版橋に適用した。各橋梁の供用開始年は1954年から2003年であり、それぞれ2006年から2015年に実施された1回から3回の点検の結果が記録されていた。劣化予測の対象とする損傷として、床版ひび

割れを選定した。記録されていた損傷段階は健全度1(良)から健全度5(悪)までの5段階であったが、健全度5の点検データが少数であったため、健全度5および4をまとめて健全度4と表現することとした。

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を図-1に示す。同図の劣化予測結果にもとづいて、橋梁補修施策のプロファイリングを実施するために候補として設定した補修工法を表-1に示す。同表に示すように、健全度ごとの補修工法とその単価および回復水準(その工法を適用した場合にどの健全度まで回復するか)を設定した。プロファイリング手法にもとづいて推定した橋梁ごとの最適補修戦略を表-2に示す。

異質性パラメータ $\epsilon$ 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、健全度が比較小さい段階で補修を行うような予防保全的な補修戦略が最適となることが判明した。一方で、異質性パラメータ $\epsilon$ が比較的小さい(劣化速度が小さい)橋梁グループに関しては、健全度が大きい段階まで補修を行わないような事後補修的な補修戦略が最適となることが判明した。

さらに、橋梁ごとの異質性パラメータおよび橋梁の特徴である塗装系、供用開始年、交通量、大型車混入率、排水施設、桁形式、構造形式との相関関係を分析し、劣化に大きな影響を及ぼす橋梁の特徴を抽出した。その結果、橋梁の供用開始年と異質性パラメータに大きな相関があり、供用開始年が古いほど、劣化速度が大きいことがわかった。このことから、管内の橋梁は長期間の供用による慢性的な構造の劣化が疑われ、補修だけでなく、建替えの検討も重要であると考えられる。

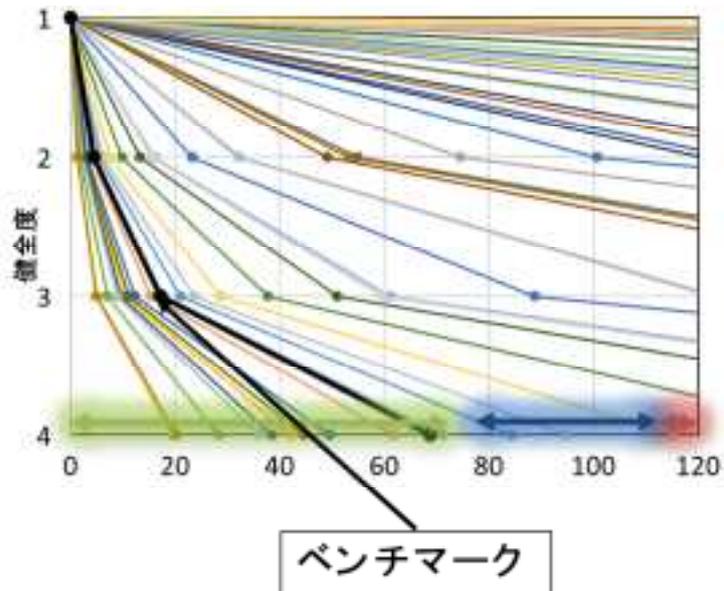


図-1 橋梁ごとの劣化予測結果

表-1 補修工法の設定

補修時健全度	補修工法	補修単価 (千円/m <sup>2</sup> )	補修後健全度
2	ひび割れ注入工法	20	1
3	断面修復工法	29	1
4	鋼板接着工法	60	1
5	床版取替工法	550	1

表-2 最適補修戦略

補修時健全度	補修戦略 A (0.84 ≤ $\epsilon$ )	補修戦略 B (0.15 ≤ $\epsilon$ ≤ 0.84)	補修戦略 C ( $\epsilon$ ≤ 0.15)
2	○	×	×
3	○	×	×
4	×	×	○
5	○	○	○
平均費用値	80.87	99.56	71.63
対象橋梁数	10	8	36