橋梁の劣化予測に関するマクロ的視点からの検討

愛知県建設部道路維持課　○正会員　中 野 錦 也
名古屋大学大学院　正会員　山田健太郎
パシフィックコンサルタンツ（株）　正会員　横 山 正 樹
パシフィックコンサルタンツ（株）　正会員　重 松 勝 司

１．はじめに

愛知県では、平成 16 年 4 月現在、3,967 の橋梁を管理している。県では、これまで安全性の確認を主とした橋梁点検を行って適宜に補修等を実施してきた。一方、橋梁の高齢化や予算の配分など維持管理を取り巻く環境が変化してきている。これに対応すべく、現時点から中長期的な視点をもってライフサイクルコスト（ＬＣＣ）の最小化や予算の平準化をはかることが必要であると認識し、平成 16 年度から、これまで以上に計画的かつ効率的な維持管理に向けた検討に着手した。

本稿では、平成 16 年度に実施した検討のうち、中長期的な視点に不可欠な要素となる劣化予測に関する検討成果を報告するものである。

２．目的

劣化予測には、表１に示す 2 つの側面があると考えられる。本検討では、ＬＣＣ最小化や予算平準化に向けた一連の検討を行うに際して、全体として将来的にどの程度の維持管理負担となるかを把握することが第一と考え、②のマクロ的な把握への活用を目的とした劣化予測手法を検討することとした。

表１　劣化予測の側面

①	個別の橋梁をいつ、どのように対策するかといった判断を行う際に活用されるもの
②	管理する橋梁全体の将来的な予算規模をマクロ的に把握する際に活用されるもの

３．劣化予測手法の検討

３．１ 既存データ

劣化予測の検討に関連するものとして、県では、次の 2 つを、データベースとして蓄積してきている。

- 橋梁点検データ（点検済みのおよそ 900 橋の、部材別の損傷状態に関するデータ）
- 橋梁諸元データ（橋梁台帳や道路台帳に登録している全橋梁の諸元に関するデータ）

３．２ 劣化予測方法の選定

主な劣化予測として、回帰分析による方法、理論式による方法、状態の遷移確率による方法が挙げられる。本検討では、これまでに蓄積した橋梁点検データの活用と、個別の橋梁への活用という将来的な展開を踏まえ、橋梁点検データを用いた回帰分析により経年的な劣化を予測する方法を選定した。

３．３ 対象とする部材

対象とする部材は、点検データを分析した結果、経年的に損傷割合が増加していること、また一般に損傷が進行した場合には架け替えにつながることが危惧されること（文献１）から、鋼桁、コンクリート桁及び RC 床版を選定した。

３．４ 検討の考え方

一般に損傷は、設計・使用材料、施工状況などによる橋梁の内的要因（形状・寸法、コンクリート強度、W/C など）と、環境条件や使用条件などによる外的要因（飛来塩分や交通荷重など）により生じるものと考えられる。したがって、厳密にはこれらの劣化要因の組み合わせパターンすべてについて劣化予測を行うことが求められる。しかし、これら劣化要因に関するデータを得るには、詳細調査等を必要とするため、あらたな時間及び費用負担が必要となる。

そこで、本検討では、これまでに蓄積してきた諸元データ（適用基準、架橋環境、大型車交通量等）

キーワード：劣化予測、マクロ、グループ化、維持管理、ライフサイクルコスト、平準化
連絡先：〒460-8501　名古屋市中区三の丸 3-1-2　Tel 052-961-2111　Fax052-951-0861

の活用を考えた。第一に劣化要因に関連する諸元データを抽出し、第二に点検済みのおよそ 900 橋の損傷状況と諸元データとの関連性を分析した。そして、分析の結果から経年的な損傷の変化に傾向の違いがみられる諸元の区分毎にグループ化し、回帰分析により劣化予測を行った。また、未点検のおよそ 3,000 橋についても、諸元データをもとにグループの区分を行った。

３．５ 鋼桁に関する検討例

（１）対象とする損傷

鋼桁に生じる損傷のうち、点検により経年的な変化を捉えることができ、かつ費用負担が大きい腐食と塗装劣化に着目した。

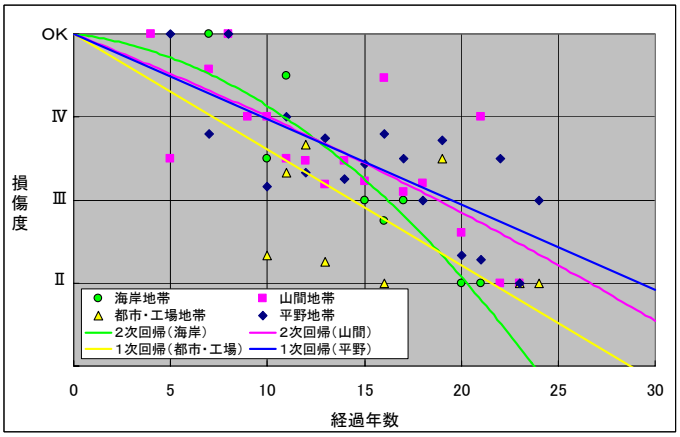
（２）分析に用いる諸元データ

鋼桁の腐食や塗膜劣化に影響を及ぼす劣化要因に対して、表２に示す諸元データに着目した。外的要因については、海岸地帯では飛来塩分量が、都市・工場地帯では CO_2 濃度が、山間地帯では凍結防止剤が、それぞれ相対的に強い影響を及ぼすと考え、架橋環境による区分で分析を行うこととした。内的要因については、塗装履歴データをもとに、実績としてＡ系またはＢ系に区分した。

表２ 分析に用いた諸元（鋼桁の腐食・塗装劣化）

区分	主な劣化要因	諸元データ
外的要因	飛来塩分量、CO_2 濃度、凍結防止剤など	海岸地帯/都市・工場地帯/平野地帯/山間地帯
内的要因	防食仕様（A 系/B 系/C 系等、耐候性鋼材など）	塗装系（A 系/B 系）；実績

（３）分析結果



※点検結果は、「橋梁点検要領（案）、S63.7、　建設省土木研究所」と同様に、損傷度Ⅰ～Ⅳ、OK の５段階で評価している。
※経過年数０年目は損傷度 OK と仮定している（回帰曲線の y 切片はすべて OK としている）。

図１　データ分析結果（鋼桁腐食）

図１は、腐食に関して外的要因に着目して分析した結果である。

図によれば、架橋環境区分別に腐食の経年変化の傾向がみられることから、劣化予測は架設環境により区別して作成した（表３）。なお、県では海岸地帯でＢ塗装系を、その他の地帯ではＡ塗装系を基本としていることから、表３は内的要因をも考慮したものとしている。

表３　鋼桁（腐食）の劣化予測

区分＼損傷度	ＯＫ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ
平野、山間地帯（Ａ塗装系）	～10 年	11 年～	19 年～	26 年～
都市・工場地帯（Ａ塗装系）	～6 年	7 年～	14 年～	22 年～
海岸地帯（Ｂ塗装系）	～10 年	11 年～	16 年～	20 年～

４．おわりに

以上、劣化予測手法の検討の考え方と鋼桁に関する検討例を述べた。この手法の特徴は、管理する全橋梁の点検データが揃っていない段階でも、点検済みの橋梁のデータを活用して県の実態を反映した劣化予測ができたことにある。県では引き続き点検によりデータを蓄積して、継続的に分析を行い、グループ化の検証・見直し、劣化予測の精度向上をはかることを考えている。なお、この劣化予測結果を活用して、マクロ的な将来の予算規模を把握するとともに、ＬＣＣ最小化や予算平準化に向けた投資戦略の検討を進めている。

以下には、劣化予測に関する検討を通して得られた主要な取り組み課題を整理する。

・新技術導入や補修後における劣化予測方法
・個別橋梁へ適用できる劣化予測方法
・点検結果の精度向上やばらつきの解消のため、点検要領の見直しや点検員の教育制度
・分析作業の効率を高めるため、橋梁点検及び橋梁諸元データベースの一元化

参考文献

１）土木研究所資料第 3512 号、橋梁の架替に関する調査結果（Ⅲ）、平成 9 年 10 月、建設省土木研究所橋梁研究室