

ゼロ過剰特性を加味した橋梁の劣化予測モデルの構築

愛媛大学 学生会員 ○北川 健 愛媛大学大学院 賛助会員 Deбри Harijanja
愛媛大学 正会員 全 邦釘

1, はじめに

現在国内の多くの橋梁が老朽化の危機に面しており、それらの維持・更新費の急激な増加が懸念されている。しかし、現在の損傷が深刻化してから大規模な修繕を行う事後的な対応では、すべての橋梁の要求性能を満たした状態で維持することは不可能であると考えられ、今後はそれとは対照的に予防的な保全が求められている。そこで重要視されているのが、インフラ構造物の維持・補修・更新に関する優先順位、あるいは実施時期等を総合的に評価するアセットマネジメントの概念に基づいた劣化予測である。橋梁の劣化予測を行うことで、ライフサイクルコストの評価や最適な維持管理戦略等に役立つと考えられている。

しかし、従来の劣化予測手法にはいくつかの問題がある。まず、劣化予測を行うにあたり、得られたデータに重度の偏りがある場合、目的変数が正規分布やポアソン分布等に従うと仮定する従来の劣化予測手法では、解析結果の妥当性が十分に確保できない。本研究で用いたデータに関しても、健全側のデータが過剰に含まれている傾向がみられたため、今回はゼロ過剰分析と呼ばれる解析手法を用いて劣化予測の精度改善を図った。また、従来手法ではなかった各橋梁の構造条件や環境条件も考慮し、劣化曲線を求めた。

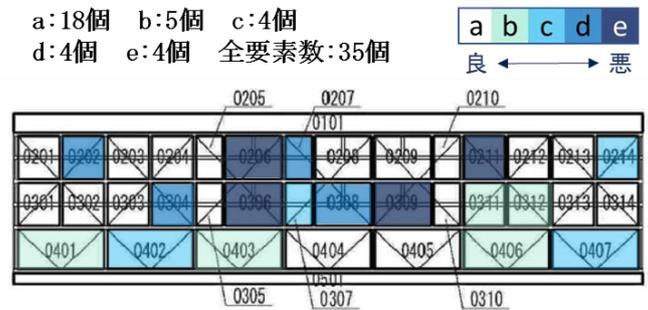


図-1 点検結果イメージ図

2, 橋梁データベース

本研究では、国土交通省が管理する愛媛県内の国道橋計 304 橋を対象とし、解析に用いる橋梁データベースを作成した。橋梁データベースは「点検データ」・「諸元データ」・「GIS データ」の 3 つのデータベースから構成されており、それぞれについて以下に示す。

点検データは、定期的に点検される橋梁の損傷状態を集計したデータで、今回は橋梁部材の最小評価単位である要素毎に集計されているものを使用した。点検結果は、その要素における腐食やひびわれ等の損傷の種類と、図-1 のように a から e までの 5 段階で評価される損傷度が記されている。これらの記録は橋梁の状態を示す最も基礎的なデータとして蓄積されており、維持・補修等の計画の検討に利用されている。

また、諸元データ及び GIS データについて、前者は各橋梁の完成年度や橋長等の個別情報の集めたもので、後者は経緯度などの位置データと GIS を用いて得た標高や海岸からの距離等の各橋梁における環境情報を集めたもので、それぞれ以降の解析で損傷要因を表すデータとして使用する。

3, ゼロ過剰分析

従来の手法による劣化予測は、目的変数が正規分布やポアソン分布に従うという仮定から解析が行われる。しかし、実際のデータがそれらの分布から大きく逸脱する場合は、先述したように得られた解析結果の妥当性を十分に確保することができない。今回得られた点検データの大部分が損傷要素無しであったため、目的変数がゼロデータを過剰に含む分布構造となり、正規分布等に当てはまらない。

そこで、このような分布構造を考慮した解析手法として、ゼロ過剰分析を行った。ゼロ過剰分析では、過剰に発生しているゼロデータを分布に反映するため、2 つの分布を組み合わせることで対応している。今回は、ポアソン分布や負の二項分布、幾何分布等の離散データに用いられる分布に過剰なゼロデータを加えることで、ゼロ過剰を表現するゼロ過剰モデルを用いた。ゼロ過剰モデルにおける損傷要素数の回帰式は以下の確率関数を用いて算出する。

$$f_{\text{zeroinfl}}(y; x, z, \beta, \gamma) = f_{\text{zero}}(0; z, \gamma) \cdot I_{\{0\}}(y) + (1 - f_{\text{zero}}(0; z, \gamma)) \cdot f_{\text{count}}(y; x, \beta) \quad (1)$$

4, 劣化曲線

図-2 に着目部材を主桁、着目損傷を防食機能の劣化とした場合について、ゼロ過剰分析を用いて得られた劣化曲線を従来手法によるものとともに示す。今回は個体差的要因として橋長、環境差的要因として標高をそれぞれ橋梁データベースから抜き出し、劣化主要因として回帰式に組み込んだ。ここで2つの劣化曲線を比較すると、ゼロ過剰分析を用いて求めたものの方が初期段階にて、損傷の進行を表現できていることがわかる。

また、得られた劣化曲線の形状から、損傷の劣化メカニズムについても考察することができる。主桁は海からの飛来塩分や凍結防止剤からの付着塩分による腐食を抑制するため、何層かの塗装によって保護されている。よって、今回求めたグラフがある一定の時点で急激に上昇する現象については、これらの塗装がすべて損傷し、そこで初めて損傷として認知されるという物理メカニズムを示していると考えられる。

さらに、得られた劣化曲線より、C 以外の橋梁に関しては次回点検において損傷が顕在化する可能性が懸念される。したがって、再点検を行い、上塗り・中塗りが損傷している様子が確認できればその補修をすることで主桁が腐食する前に対応ができるため、長寿命化を図ることも可能である。この分析手法はそのような活用が考えられる。

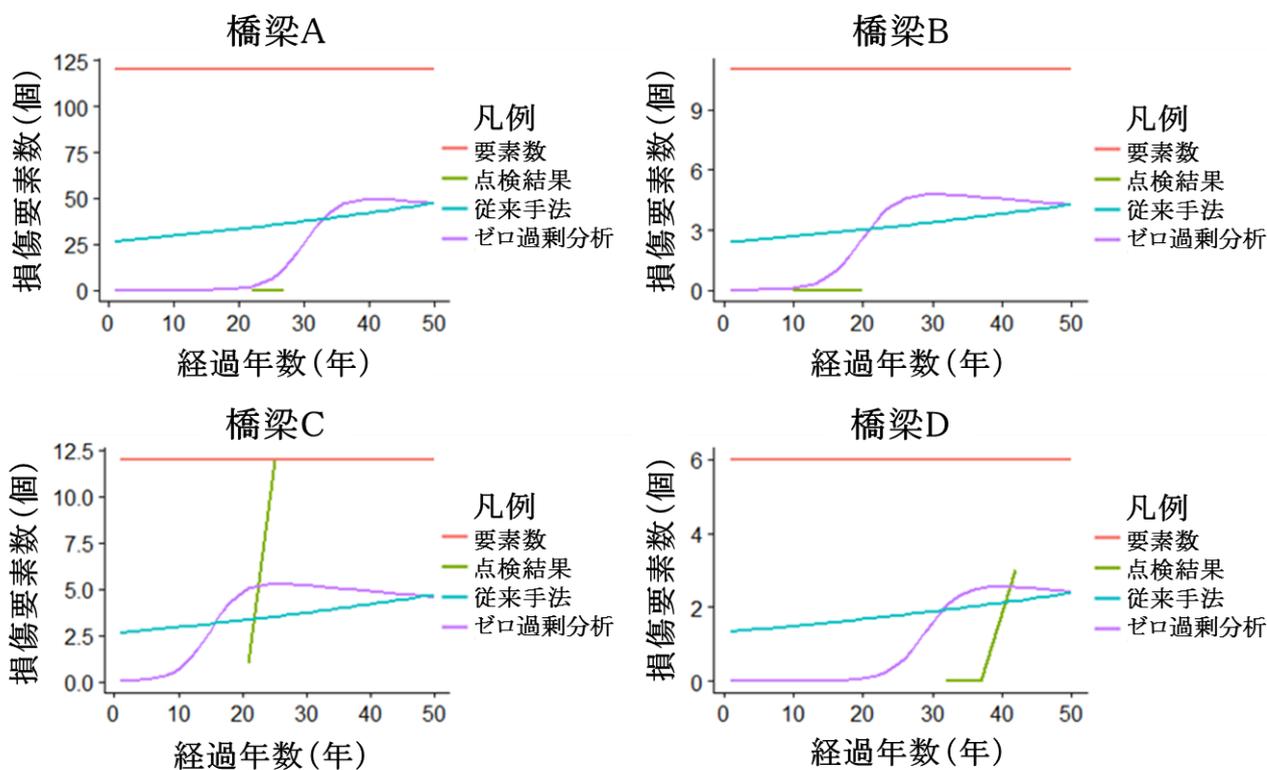


図-2 ゼロ過剰分析より求められた劣化曲線

5, 本研究の成果と今後の課題

本研究の成果として、まずゼロ過剰分析を用いた劣化予測より、損傷の進行を予測するとともに、従来手法よりも損傷の劣化現象を正確に表現することができた。また、統計的に損傷の劣化メカニズムを見出すことができる可能性も示した。さらに、劣化曲線導出の際に、各橋梁の諸元データやGISデータを用いることで、橋梁間の構造条件や環境条件を考慮した解析を行った。

最後に今後の課題として、本研究では損傷要因として諸元データやGISデータを用いたが、実際の損傷はさらに他の損傷との関連も影響してくる。よって今後はさらに損傷要因の視野を広げ、解析を行う必要がある。

参考文献

- (1) Zeileis, A., Kleiber, C. & S. Jackman ; Regression Model for Count Data in R
Journal of Statistical Software, 27(8)