

点検結果に基づく橋梁評価指標に関する研究

金沢大学 学生会員 ○山川貴大
 金沢大学 正会員 近田康夫
 金沢大学 正会員 小川福嗣

1. はじめに

高度経済成長期に集中的に整備されてきたトンネルや橋梁の老朽化が進行しており、これらの道路構造物を効率的に維持管理していくことが求められている。そこで平成26年7月から国土交通省は5年に1度の頻度で目視点検を実施することと、新たな橋梁等の健全性の評価を決定した¹⁾。これによって橋梁の健全性を健全、予防保全段階、早期措置段階、緊急措置段階の4段階に区分することが可能になった。しかし同じ評価における補修優先順位の決定方法はまだ定められていない。本研究では同じ評価を与えられた橋梁の補修優先順位を決定する際の橋梁の評価指標の確立を目的とする。

2. 品質管理の指標²⁾

本研究では品質管理で用いられているMTシステムの理論を橋梁の評価に援用して評価指標の確立を目指す。MTシステムとは田口玄一の開発したパターン認識技術の総称であり、本研究で使用しているMTA法もその一部である。パターンとは、多数の情報の集合体であり、パターン認識とは状態を総合的に把握する行為を指すものである。パターン認識においては正常な集団には明確な違いがほとんど無いが、異常な集団には様々な状態があるということを考慮すると、正常か異常かの判別基準を設ける際に、共通点の少ない異常な集団を用いるのは不利である。そのため、MTシステムでは、正常な集団のみを判断基準とする。そして、多くの情報を統合した判断尺度を用いて、判断対象サンプルを、正常な集団からの離れ具合で評価する。MTシステムでは正常な集団を『単位空間』と表現する。ここで表現する「正常」とは、単に状態の良さを表しているのではなく、よくあるものや、普通のものである。単位空間から判断対象サンプルの距離は、多次元の情報を統合した距離であるマハラノビス距離の大小によって表される。本研究では単位空間が端にある場合の解析手法である、MTA法を使用した。

3. 既存の評価指標

現在使用されている橋梁の評価指標は主に物理的な健全度指標であるBHI(Bridge Health Index)と社会的重要度から算出するBPI(Bridge Priority Index)である。これらの積和計算によって橋梁の補修優先順位が決定されている。

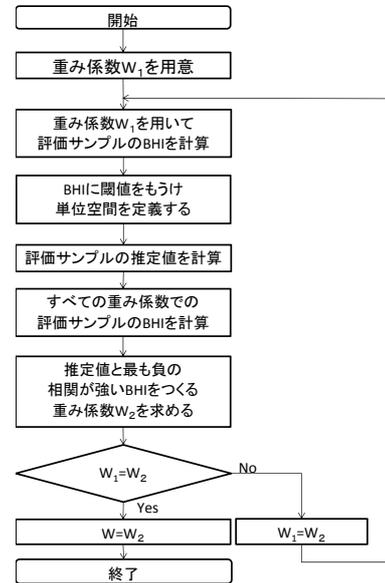


図-1 数値解析の流れ

(1) BHI

BHIは定期点検の結果を部材ごとにまとめ、五段階の評価を付けた部材健全度に、重み係数を乗じた加重平均法によって算出される。BHIの決定の際の重み係数は各地によって異なり、重み係数は専門家の知識と経験に依存しているため、全体評価は主観的とならざるをえない。

(2) MTA法の適用と解析手法

BHIの決定の際の主観的ばらつきを避けるためMTA法と整合性のある重み係数を求める。図-1に従い解析を行う。初期の重み係数 W_1 には現在使われている重み係数を用いる。MTA法による推定値と最も負の相関が強い重み係数を算出する重み W_2 を求める。 W_2 を初期値(W_1)として繰り返し解析を行い、 $W_1 = W_2$ となる(収束する)まで繰り返し計算を行う。これによって単位空間の定義から主観的な要素を排除した重み係数を求める。また評価サンプルは、すべての部材健全度の組み合わせ($5^6=15625$ サンプル)を用意することで、事象空間が偏ることを避けた。これは、実際の点検結果を用いると同じサンプルが単位空間に入り、重みと同等に結果に影響をもたらすため、データの重なりをなくすことで、これを回避する狙いがある。

(3) 解析結果

単位空間を与えるBHIの閾値を変化させて解析を行った

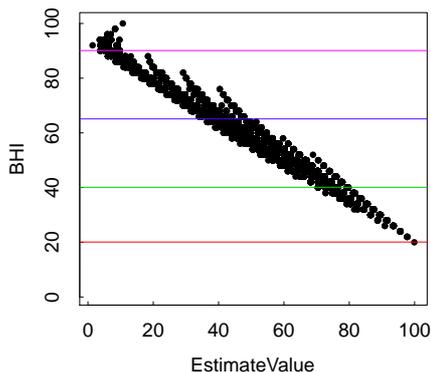


図-2 閾値 90 の刻み値 0.1 における解析結果

結果, 重みが 1 つの部位に偏ることで推定値 (マハラノビスの距離, 以下 MD) と整合性を得ることができた. しかし橋梁全体の健全度が 1 つの部位に依存することは工学的に妥当とは言えない. また極端な偏りの解消を目的とし, 重みの増分を 0.01 刻みから 0.1 刻みに換えて解析を行った. 図-2 に閾値 90 における解析結果を示す. 橋梁が連続して重なり膨らみを見せるため, MD と BHI による損傷状態の判別は困難であった.

4. 新たな評価方法

(1) 新たな計算方法

既存の積和型の加重平均法の BHI に基づく補修優先順位付け方法では損傷の激しい橋梁が損傷の軽微な橋梁より補修優先順位が低くなるという矛盾が起こる組み合わせの存在が明らかになった³⁾. そこで矛盾が起きる原因として, BHI や BPI で用いている積和形式の計算方法に問題があるのではないかと考え, 新たに積積形式の補修優先順位付けの方法の作成を試みた結果, 積積形式にすることで矛盾が解消されることが確認できた. しかし BHI で見られる各部材にかかる”重み”という考え方では, 積積計算にした場合各部材の重みが機能していないことが明らかとなった. そこで新たに計算方法と健全度係数の導入を考えた. 設定した健全度係数を表-1 に示す. 新たな計算方法では従来の BHI に変わり次式で定義する newBHI(new Bridge health Index) を使用する.

$$\text{newBHI} = \prod_i (h_i) \quad (1)$$

ただし, h_i : 部材 i の健全度に対する健全度係数

健全度係数を導入することで, 部位の健全度の橋梁全体への影響が重み係数を用いた場合のように, 正規化 (総和のレンジを 1 にする) されないことになる.

表-1 健全度係数

健全度	橋面工, その他	床板	主桁, 下部工
1	0.000001	0.000001	0.000001
2	0.7	0.08	0.01
3	0.9	0.2	0.03
4	0.96	0.4	0.2
5	1	1	1

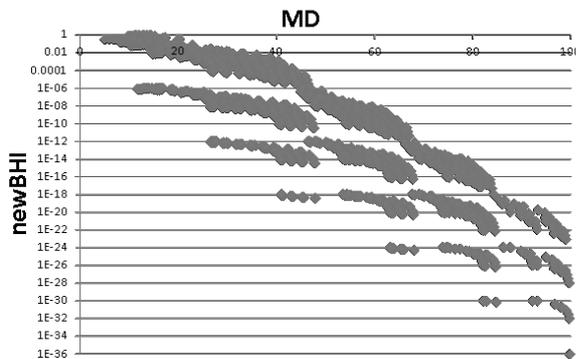


図-3 newBHI と MD

(2) newBHI における解析

newBHI で MTA 法における MD を算出した. 評価サンプルは BHI の時と同様のサンプルを使用した. 結果を図-3 に示す. BHI の結果と比較すると連続して重なることなく, 橋梁状態に応じた橋梁群が形成されて分離した. 解析結果の橋梁群は重要部材 (上部工, 下部工, 床板) における最低評価の数により newBHI が下がり, また橋面工, その他の重要度が比較的低い部材における最低評価の数により MD が大きくなる.

5. まとめと今後の予定

(1) まとめ

既存の評価指標と比べて, 新たな評価方法での MD と BHI の関係性では最低評価 1 を含む橋梁群では重要部材の損傷具合で明確な区別が可能のため, 品質管理の観点と合わせて補修優先順位を決定できる.

(2) 今後の予定

最低評価 1 が含まれない橋梁群を取り上げ, その中で BHI と MD によって補修優先順位を選択可能か判断が必要である. 橋梁群の構成を確認し, 論理空間と実際の点検結果を照らし合わせることで提案した評価方法の実用性を検討する.

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課: 道路橋定期点検要領, 2014.6.
- 2) 田村希志臣: よくわかる MT システム 品質工学によるパターン認識の新技术, pp13-15, 日本規格協会, 2009
- 3) 小川福嗣, 近田康夫, 坂野駿: 橋梁の補修優先度評価の検討, 土木学会第 69 回年次学術講演会後援概要集 (CD-ROM, VI-172), 2014.9.