

統計的手法を用いた劣化メカニズムを考慮した鋼橋 RC 床版の健全度評価

岐阜大学大学院 学生会員 ○流石 堯
岐阜大学 正会員 本城 勇介
岐阜大学 正会員 大竹 雄

1. 研究の背景と目的

国や地方自治体は、橋梁の定期点検や補修を行い、合理的な維持管理を図ろうとしている。同時に橋梁維持管理に関する研究も活発に行われている。現在、点検データが徐々に蓄積されつつあり、マネジメントシステムの高度化を行う最適な時期といえる。

これまで、各部材の健全度は、専門家の定性的判断で5, 4, 3, 2, 1といった離散量で表現していることが多かった。この評価方法の課題として、離散量で評価することによる情報量の低下や様々な要因を持つ橋梁の混在等が挙げられる。

著者らはこれらの課題に着目し、点検結果の縮約や健全度指標の連続データ化、橋梁の階層化を図った健全度評価手法を提案している¹⁾。この基礎的研究では、岐阜県が管理する約1600橋のうち、岐阜市内54橋を評価した。本研究では、解析範囲を岐阜県全域に拡大し、点検が行われた360橋の鋼橋RC床版を対象に解析を行い、本評価手法の有効性を検証するものである。

2. 研究の方法

2.1 使用データ

橋梁点検データを用いる。これは、岐阜県が実施している定期点検結果²⁾をデータベース化したものである。各部材について詳細な点検項目(表-1)が設定され、a(健全)～e(危険)の5段階で評価している。また、本データベースには損傷写真(図-1)が添付されており、具体的な損傷状態を把握できる。

2.2 解析の手順

(1) 主成分分析

多くの変数により記述されたデータを縮約し、少数個の指標(合成変数)で表現し、多くの情報を把握する手法である。主成分分析により得られた合成変数を主成分といい、最も多くの情報を持っている主成分を第1主成分(以下Comp.1と呼称)という。情報とは分散を意味し、情報量の多さと分散の大きさが対応している。ここでは、点検データをもとに、鋼橋RC床版の健全性を表す指標を抽出する。

(2) 劣化メカニズムとグレードの判定

主成分分析の結果から、損傷程度や劣化メカニズムについて特徴的な橋梁を判別できる。これらのサンプルを抽出し、点検結果と損傷写真をもとに、劣化機構と外観上のグレード³⁾を判定し、損傷程度や劣化メカニズムの違いによる橋梁の階層化を行う。

3. 解析結果と考察

3.1 主成分分析結果

点検結果をもとにした主成分分析は図-2のように視覚化できる。これはバイプロットと呼ばれ、Comp.1-Comp.2平面上にサンプルをプロットした図である。図中のベクトルは各点検項目のこの平面への投影を示し、Comp.1, Comp.2はどのような項目が寄与しているかを把握できる。なお、図中の数字は各橋梁に割り当てたNo.を表している。図-2から、Comp.1は全ての点検項目が寄与していること、Comp.2はコンクリート剥離や鉄筋露出に関する項目(A, B, C, D, E, J)とひびわれに関する項目(F, G, I)が逆向きに寄与していることが読み取れる。以上より、Comp.1は従来の「健全度」とほぼ等価な、全

表-1 鋼橋 RC 床版の点検項目

| 記号 | 点検項目 |
|----|--------------------------|
| A | 鉄筋露出, さび(張出し部) |
| B | 鉄筋露出, さび(中間部) |
| C | 鉄筋の断面欠損 |
| D | コンクリートの剥離, 欠損(張出し部) |
| E | コンクリートの剥離, 欠損(中間部) |
| F | ひびわれ(漏水, 遊離石灰, さび汁を伴わない) |
| G | 漏水, 遊離石灰を伴うひびわれ |
| H | さび汁を伴うひびわれ |
| I | 二方向のひびわれ |
| J | 施工不良による豆板等 |



図-1 損傷写真例(左: 中酸化, 右: 疲労)

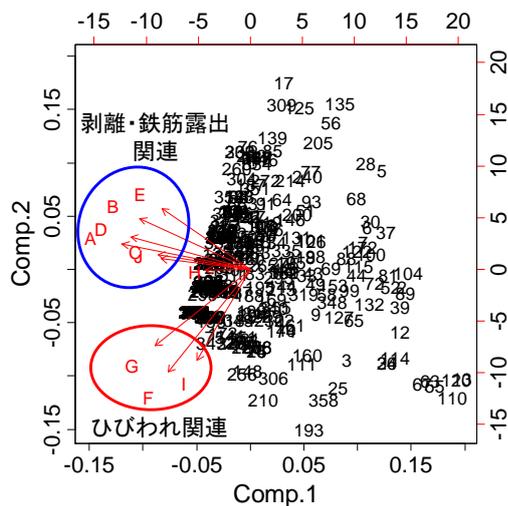


図-2 Comp.1, Comp.2 と各点検項目の関係

体的な劣化を表す指標、Comp.2 は劣化メカニズムを差別化するような指標であると考えた。

3.2 健全度・劣化メカニズムと対策工との関連

主成分分析結果より、Comp.1-Comp.2 平面上で、損傷程度や劣化メカニズムの違いから橋梁群の階層化が可能ではないかと考えた。そこで、文献3)にもとづいて、サンプルの劣化メカニズムとグレードを推定した。その結果、図-3 のように大きく3分類され、Comp.1-Comp.2 平面上で劣化メカニズムが明確に分離された。ここで、図-2 との対応を考える。

Comp.2 について、正側のベクトル(A, B, C, D, E, J) は剥離や鉄筋露出に関する項目、負側のベクトル(F, G, I) はひびわれに関する項目である。それぞれのベクトルの反対側に、これら項目のスコアが低いサンプルが分布する。また、比較的健全なサンプルは図中の左側に分布している。中性化はCO₂の侵入による鋼材腐食で剥離や鉄筋露出が顕在化する現象であり、一方、疲労は繰返し荷重によるひびわれが進展する現象である。2つのベクトル群とそれぞれの現象が対応していることから、特徴をうまく分離して表現できているといえる。また、図-4 は Comp.1 と経過年数の関係を表しており、各橋梁群の劣化速度や傾向に違いが見られることが分かる。

文献3)には、劣化機構と外観上のグレード別に実施すべき対策工が設定されており、中性化と疲労では対策工が大きく異なっている。このように、劣化メカニズムを考慮した部材の健全度評価は、対策工との関連付けを適切に行うことができ、合理的な維持管理に有用であるといえる。

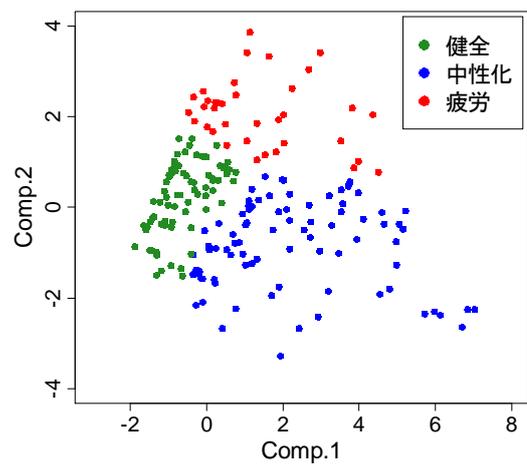


図-3 劣化メカニズムによる分類結果

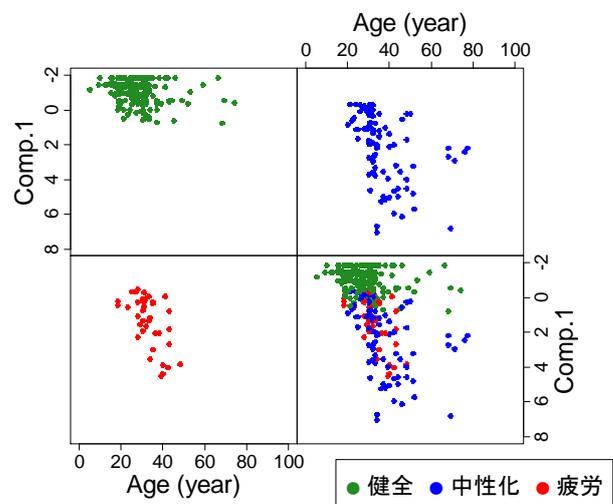


図-4 Comp.1 と経過年数の関係

4. 今後の展望

本研究では岐阜県全域の橋梁を対象に、鋼橋 RC 床版の健全度評価を行い、本評価手法が維持管理上有効な手法であることを示した。今後は、その他の部材についても同様の解析を行う。また、都市部・山間部間の傾向の違い等も考慮したうえで、劣化メカニズムの異なる橋梁毎に劣化予測モデルの開発を行う予定である。

参考文献

- 1) 大竹雄, 流石堯, 本城勇介他: 統計的手法を用いた橋梁点検データベースに基づく橋梁健全度評価に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.67, No.2, pp.813-824, 2011.
- 2) 岐阜県県土整備部道路維持課: 岐阜県橋梁点検マニュアル, 2010.
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書[維持管理編] 2007年制定, 2008.