

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の開発

関市役所 正会員 ○佐藤 敦
 岐阜大学 正会員 本城勇介
 岐阜大学 正会員 大竹 雄

1. はじめに

日本国内の橋梁は、20年後に約半数が建設後50年を迎え施設の老朽化が進行すると試算されており、合理的な維持管理手法の構築が求められている。そこで、国や地方自治体では橋梁長寿命化計画の策定を行い、橋梁の定期点検を実施し、アセットマネジメントの考えに基づいた効率的な維持管理を目指している。これに伴い、以前に比べ橋梁点検データの蓄積が進み、更なる健全度評価の高度化を図る時期にあると考える。

大竹ら(2011)¹⁾は、多次元データである点検結果に統計的手法を適用し、点検データの縮約と連続データ化を図る新しい健全度評価手法を提案した。さらに、鋼橋RC床版において、この健全度指標が劣化機構により橋梁群を層別できることを確認した²⁾。上記の研究成果を踏まえ、本研究では鋼橋・コンクリート橋の桁部材に同様の手法を展開し、部材特性に応じた健全度評価方法を検討する。

2. 使用データ

岐阜県が管理する橋長15m以上の橋梁に対し、県が定める点検マニュアルに基づき各部材の点検項目に沿ってa(健全)からe(危険)の5段階で評価した定期点検結果である。桁や床版は、1支間を3分割して点検されており、同一の橋梁で複数の点検データを有している。そこで、対象区間の分散を考慮し【平均値-標準偏差】を橋梁の代表値と定め、この値を解析に用いる。また、各橋梁の諸元や環境条件が記載された橋梁台帳データベースより、健全度に影響を及ぼす因子の抽出を行う。

3. 解析手法

主な解析手法は、主成分分析とクラスター分析である。前者は、多くの変数をできるだけ情報の損失なしに少数個の合成変数に縮約する方法である。分散を最大にする合成変数が主成分と呼ばれる。後者は、異なる性質の中から似た性質のデータを集め分類する手法である。データ数が多い際に適用される非階層型を用い、ここではk-means法を選択した。

4. 解析結果

主成分分析より、図-1,2にComp.1とComp.2平面上に橋梁群をプロットした。図中のCompは主成分を表し、

アルファベットは表-1の点検項目である。

4.1 鋼橋鋼桁

鋼橋鋼桁は、①項目A,B,C(高力ボルトの脱落・変形)グループと、②項目D,E,F(塗装劣化・断面欠損)グループの2つに大別して考えた。

①グループでは、図-1(a)より項目A,Bと項目Cのベクトルが直交するため無相関であり、それぞれで評価することが重要であると考えられる。特に項目Aにおいて、図-1(c)より経過年数が一定の期間に健全度が低下し劣化が進行している橋梁が見られた。これは、高力ボルトが脆性的破壊する「遅れ破壊現象」の発生が示唆されるF11Tとの関連が推測される。点検時に使用ボルトの種類に注意を払い、F8TやF10Tなどに取り替える等の対策を実施することが必要と考える。

②グループでは、図-1(b)より3つの項目の全てがComp.1軸で負の値を示しており、項目間に関連があり、項目D,E,Fの順に劣化が進行すると考えられる。一般的に使用されるA系塗装系は、結露や融雪剤の影響を受けやすいなど、塗装の種類や立地環境により劣化速度が異なるため、統計分析から経過年数と劣化の相関を見出せなかった。塗装の点検結果は、専門技術者の経験的判断に依存する可能性が高く、統一的な結果を得るために、日本鋼構造協会³⁾が定めるさび発生面積と外観状況に基づき、図-1(d)に示す健全度からさび発生面積への定量的な変換が必要であると考えられる。これにより、明確に橋梁の損傷状況が把握でき、合理的な補修が可能になると考える。また、塗装塗り替えが多くの橋梁で実施されており、今後は塗り替え期間や種類に関するデータを蓄積し、各橋梁に対し適切な時期に塗り替えを実施することが重要であると考えられる。

4.2 コンクリート橋RC桁

図-2(a)より、Comp.2の値が0付近で橋梁が層状に分布していることに加え、ひびわれに関する項目(A,B,C,D)と剥離・鉄筋露出に関する項目(E,F)におけるベクトルのなす角度が小さく、2種類の損傷特性が混在していることが考えられる。点検データに添付されている変状写真より劣化機構の判別を行ったが、多くの橋梁で桁下や側面のひびわれに加え、コンクリートの

キーワード：アセットマネジメント、健全度評価、桁部材、主成分分析、クラスター分析

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1 電話 (058) 293-2434 FAX (058) 293-2398

剥離・鉄筋露出も進行していることが分かり、橋梁群を明確に分類することが困難であった。これは、全体的に建設年代が古いことに加え、桁下部分で鋼板接着などによる補強 / 補修が実施された橋梁が混在しているためと考えられる。今後は、補修履歴のデータ化を行い、分類して評価することが重要であり、管理・評価方法の見直しを図る必要があると考える。

表-1 点検項目の詳細

部材	記号	詳細点検項目
鋼橋 鋼桁	A	高力ボルト、リベットの脱落はあるか
	B	主部材や2次部材に破断はあるか
	C	主部材や2次部材の変形はあるか
	D	塗装劣化がある
	E	表面さびがある
	F	断面欠損がある
コンクリート橋 RC桁	A	ひびわれ(漏水、遊離石灰、さび汁を伴わない)
	B	漏水、遊離石灰を伴うひびわれ
	C	さび汁を伴うひびわれ
	D	二方向のひびわれ
	E	コンクリートの剥離、欠損
	F	鉄筋露出、さび
	G	鉄筋の断面欠損、破断
	H	施工不良による豆板等
コンクリート橋 PC桁	A	ひびわれ(漏水、遊離石灰、さび汁を伴わない)
	B	漏水、遊離石灰を伴うひびわれ
	C	さび汁を伴うひびわれ
	D	コンクリートが剥離、欠損
	E	鉄筋露出、さび
	F	施工不良による豆板等

$$PC.HI.1 = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i \quad (1)$$

$$PC.HI.2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 x_j - \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 x_k \quad (2)$$

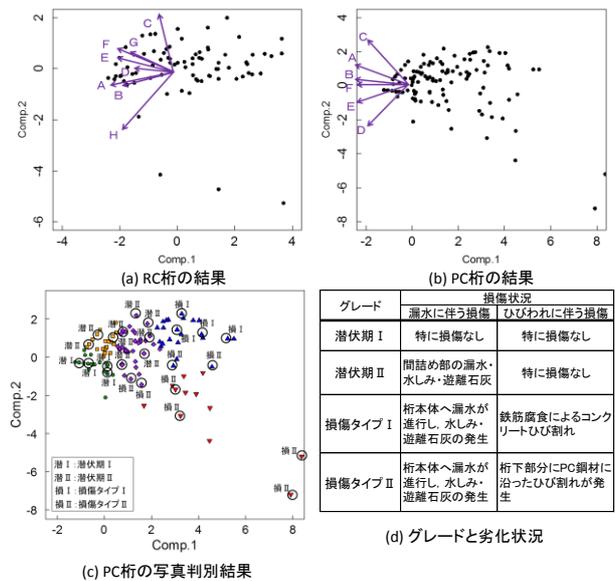


図-2 コンクリート橋の結果

ここで、 x_i は全項目の得点、 x_j は剥離・鉄筋露出に関する項目(D,E)、 x_k はひびわれに関する項目(A,B,C)である。この2つの指標により健全度を評価することで、PC鋼材に沿ったひびわれが卓越する橋梁の層別ができ、維持管理上で優先度の高い橋梁を抽出することができた。

5. 結論

本研究では、橋梁点検データに主成分分析とクラスター分析を適用し、さらに写真判読を行うことで、部材毎の特徴を踏まえた最適な健全度評価方法の提案や点検方法の在り方を検討し、合理的な維持管理手法や課題を示した。

参考文献

- 1) 大竹他：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. L_813-L_824, 2011.
- 2) 大竹他：橋梁点検データベースの統計解析に基づく劣化機構を考慮した鋼橋RC床板の健全度評価，土木学会論文集A1（構造・地震工学），Vol. 68, No. 3, 683-695, 2012.
- 3) 日本鋼構造協会：鋼橋塗膜調査マニュアル，1993.

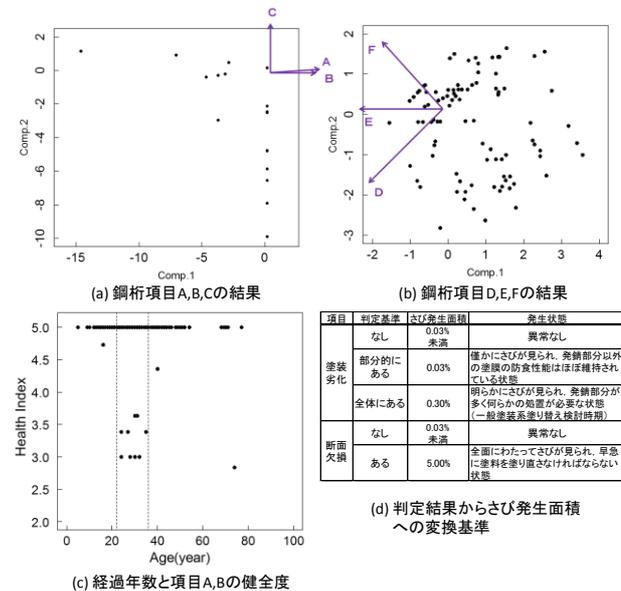


図-1 鋼橋鋼桁の結果

4.3 コンクリート橋 PC 桁

図-2(b)より、全ての点検項目が Comp.1 軸に沿って負の方向に寄与しており、全体的な劣化を示していることが分かる。Comp.2 は、ひびわれに関する項目(A,B,C)とコンクリートの剥離・鉄筋露出に関する項目(D,E)に分類しており、損傷特性を示す指標であることが分かる。さらに、Comp.1 と Comp.2 の平面でクラスター分析を適用し、黒丸で囲んだ橋梁において写真判読を行い分類した結果が図-2(c)であり、図 2-(d)に各グレード