

P C 橋梁性能評価システムにおける効果的な知識抽出方法

山口大学工学部 学生会員 ○山下 哲平
 山口大学工学部 正会員 河村 圭
 山口大学工学部 正会員 宮本 文穂
 山口大学工学部 正会員 中村 秀明

1. はじめに

著者らは効率的な維持管理を行うために、橋梁の維持管理を総合して行う「橋梁維持管理支援システム（Bridge Management System : BMS）」の開発を行ってきた。また、RC 橋梁点検マニュアルに対して、点検者の技量に依らないマニュアルの作成と、マニュアルに対応した橋梁性能評価システムの開発が行ってきた。近年において架設が多く行われてきた PC 橋梁に関しても、点検マニュアルおよび、性能評価システムが必要であるというこのことは明白である。

そこで、本研究では PC 橋梁の主桁を対象を絞り、PC 橋梁点検マニュアルの作成を行った。また、既存の橋梁性能評価システムでは、知識更新に必要な教師データの収集の困難さが問題となっていた。これに対して、本研究では一対比較法を用い、専門家からの知識抽出を行い、初期知識の洗練を行った。

2. 既存システムと問題点¹⁾

2.1 既存システム

既存の「橋梁性能評価システム」では、知識表現として If-Then ルールを用いており、表 1 のような形で表されている。例えばルール 6 であれば、式

表 1 If-Then ルールの例

ルール番号	前件部		後件部
	ひび割れ箇所数	ひび割れ幅	ひび割れ状況
1	かなり多く発生している	小さい	Moderate (50.0)
2	かなり多く発生している	大きい	Severe (25.0)
3	かなり多く発生している	かなり大きい	Unsafe (0.0)
4	多く発生している	小さい	Mild (75.0)
5	多く発生している	大きい	Moderate (50.0)
6	多く発生している	かなり大きい	Severe (25.0)
7	わずかに発生している	小さい	Safe (100.0)
8	わずかに発生している	大きい	Mild (75.0)
9	わずかに発生している	かなり大きい	Moderate (50.0)

(1) で示すように後件部を定義している。

If ひび割れ箇所数=多く発生している
 and ひび割れ幅=かなり大きい (1)
 Then Severe (50.0)

この If-Then ルールにおいては、前件部の平均値を後件部に与える方法で初期知識の設定を行っている。また、この If-Then ルールの前件部と後件部の関係

はニューラルネットワークによって構成されており、誤差逆伝搬法により、後件部の値について学習を行うことができる。これは、実橋梁の点検によって作成された教師データを用いることによって知識の更新を行うための機構である。

2.2 既存システムの問題点

既存のシステムでは知識更新のための学習データが必要であったが、教師データの収集の困難さが問題となっていた。このため、システム構築後に知識更新を行うこと自体が困難となるため、診断の精度への影響が問題視されていた。また、システム構築前に初期知識の洗練を行うことについても、If-Then ルールの膨大さが障害となり、難しいとされていた。本研究では、後件部を個別に設定する方法ではなく、前件部の重み付き平均を後件部の初期知識とすることにより、専門家からの知識抽出、システムの初期知識洗練を行う。また、重要度の算出方法として、アンケート回答者の負担が軽く、心理測定法として一般的である「一対比較法」を用いた。

3. 一対比較法による重要度算出²⁾

3.1 一対比較法

一対比較法とは、複数の項目について同時に扱わずに、複数項目から、一対毎に取り出して相対比較を行うものである。このため、比較対象の数が n である場合、設問数 N には以下の式 (2) の関係がある。

$$N = \frac{n \cdot (n-1)}{2} \quad (2)$$

3.2 一対比較法による重要度算出

実際に本研究により得られた評価プロセスの一部を用いて、項目の重要度を算出する出順を説明する。図 1 は 3 つの項目により「支間中央部」の状態が定

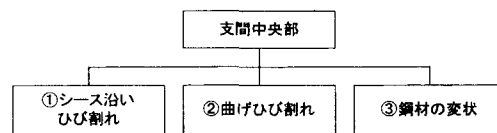


図 1 使用する評価プロセスの一部

義されていることを示している。

Step1 アンケートの作成

項目数 n=3 であるので設問数は 3 つとなる。設問は以下の表 2 に示す組み合わせとなる。

アンケートは図 2 に示すような形状であり、回答者には 2 つを比較し、自分が妥当であると判断する項目を選択する。

表 2 設問の組み合わせ

	A	B	結果
設問1	①シーす沿いひび割れ	②曲げひび割れ	絶対Bが重要
設問2	①シーす沿いひび割れ	③鋼材の変状	かなりBが重要
設問3	②曲げひび割れ	③鋼材の変状	絶対Aが重要

A シーす沿いひび割れ B 曲げひび割れ

絶対A かなりA ややA 少しA どちらとも言えない 少しB ややB かなりB 絶対B

図 2 アンケート

Step2 一対比較行列の作成

表 2 のようにアンケート結果が得られた場合、アンケート結果から一対比較行列を作成する必要がある。表 3 に示した一対比較値に応じて一対比較行列を作成する。求めた一対比較行列を式 (3) に示す。

表 3 一対比較値

回答	一対比較値
絶対 A が重要	5.0625
かなり A が重要	3.3750
やや A が重要	2.2500
少し A が重要	1.5000
同程度	1.0000
少し B が重要	0.6667
やや B が重要	0.4444
かなり B が重要	0.2963
絶対 B が重要	0.1975

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.1975 & 0.2963 \\ 5.0625 & 1.0000 & 5.0625 \\ 3.3750 & 0.1975 & 1.0000 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Step3 重要度算出

まず一対比較行列の各行の幾何平均をとり、これが該当行の個別評価値となる。次に、求められた個別評価値に対して、全ての項目の個別評価値の合計を 1 になるように正規化する。正規化して得られたものを重要度とする（表 4 参照）。

表 4 重要度算出

	シーす沿い	曲げ	鋼材の変状	幾何平均	重要度
シーす沿いひび割れ	1.0000	0.1975	0.2963	0.3883	0.0922
曲げひび割れ	5.0625	1.0000	5.0625	2.9483	0.7003
鋼材の変状	3.3750	0.1975	1.0000	0.8736	0.2075
				4.2102	1.0000

4. 検証

4.1 検証データ

実橋梁データを用い、実際に知識抽出が行えているかどうかの検証を行った。検証には 3 橋梁分のデータを用いた。検証データの概要を表 5 に示す。

表 5 検証データ概要

A 橋	端支点部にはアルカリ骨材反応による亀甲状のひび割れが発生。補修が行わ
B 橋	全体的にスターラップの露出が発生している。補修が行われた。
C 橋	PC 鋼材の破断、全体的に浮きが見られるなど損傷が大きい。掛け替えが行わ

4.2 評価結果

橋梁の損傷図から、作成した点検マニュアルに沿って評価を行った。表 6 には、知識導入前の評価結果と、知識導入後の評価結果を示す。

知識導入前では耐荷性に比べて耐久性の得点が高く評価されている。一般的に、順番としては、耐久性が低下した後、耐荷性が低下しているため、知識導入前は正しく評価が行われているとは言えない。知識導入後では順番が正しく扱われており、一対比較法による知識抽出の有効性が示された。しかしながら、全体的に評価結果が実際の専門家の判断より高い値を示しているため、知識更新機能を追加し、精度向上を行う必要がある。

表 6 評価結果

	知識導入前		知識導入後	
	耐荷性	耐久性	耐荷性	耐久性
A 橋	54 点	64 点	89 点	72 点
B 橋	90 点	95 点	93 点	78 点
C 橋	45 点	60 点	68 点	41 点

5. まとめ

- ① 一対比較法によるアンケートにより、専門家からの、知識の抽出に成功した。
- ② PC 橋梁の主桁に関する点検マニュアルの作成と、それに対応する性能評価プロセスの作成を行った。
- ③ 既存のシステムにおける学習を行った場合、今回の初期知識がどのような影響を及ぼすのかを確認する必要がある。

[参考文献]

- 1) 三輪宅弘：評価型エキスパートシステム構築ツールの開発と PC 橋への適用，山口大学大学院博士論文，2002.2.
- 2) 木下栄蔵：AHP の理論と実際，日科技連，2000.6.26.