

目視点検による鉄筋コンクリート橋梁の耐荷性能および耐久性能評価に関する研究

東京大学 正会員 ○河村 圭
東京大学 フェロー 藤野 陽三
東京大学 正会員 阿部 雅人

1. はじめに

本研究では、簡易な目視点検結果および諸元データから、鉄筋コンクリート橋梁の部材レベルでの耐荷性能および耐久性能を評価する性能評価システム（以下、本システム）を開発した。本システムは、次の3つの特徴を有する：(1)専門技術者の知識・経験を利用したエキスパートシステムである、(2)ニューラルネットワークにより学習が可能である、(3)性能評価過程の説明が可能である。以下には、特に本システムの概要と学習能力の検証結果を記述する。

2. 耐荷性能および耐久性能の評価

従来の劣化判定では、個々の変状に着目し個々にその程度が評価されてきた。しかしながら、本システムでは、橋梁諸元、交通量といった橋梁台帳データや各種変状状態の目視点検結果から、部材レベルでの総合評価として耐久性（補修の必要性の指標）および耐荷性（補強の必要性の指標）が0点から100点で評価される。このように、本システムは簡易な目視点検結果という限られた入力情報より性能を評価することから、その評価には、橋梁の維持管理に長年携ってきた専門技術者の橋梁診断における経験的な知識を利用した。具体的には、専門技術者の知識のコンピュータ上への移植を可能とするエキスパートシステムが応用された。ここで、図-1には、専門技術者から獲得された主桁の耐荷性能および耐久性能の評価プロセスを示す。なお、図中の太文字は、評価項目であり、それぞれ点検結果などの入力データや下位評価項目の評価結果より評価される。また、本システムへの入力項目の例として、評価項目「曲げひび割れの状態」および「ひび割れ以外の状態」への入力項目（「ひび割れ状況」、「最大ひび割れ幅(mm)」など（図中の細文字））を図中に示す。

3. 推論手法と学習方法

図-1に示される評価項目間また評価項目と点検項目の関係は、if-thenルールとして本システムの知識ベースへ蓄積されている。ここで、表-1には、「曲げひび割れの状態」の評価に利用されるルールを示す。例えば、表中のNo.1のルールは、if（「ひび割れ状況」が **severe** である、かつ「最大ひび割れ幅」が **very large** である） **then**（「曲げひび割れの状態」は **0.0** 点である）を示す。また、本システムは専門技術者のあいまいな知識を扱うファジィ推論を可能としており、さらには、専門技術者の知識（if-thenルール）のコンピュータへの実装において、学習による知識の洗練を容易に行えるようニューラルネットワークを適用した。一般に利用されるニューラルネットワークはその内部処理がブラックボックスとなるが、公共構造物の診断ではその説明責任を重視するべきという考えから、本システムでは、ニューラルネットワークに独自の工夫を行い学習後のニューラルネットワークにおいても推論で利用される内部知識および推論処理の可視化を可能とした¹⁾²⁾。

4. 学習結果

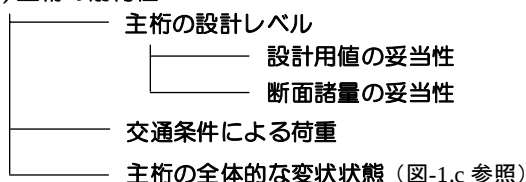
本システムの学習能力は、実橋梁の専門技術者による性能評価結果と本システムの学習前また学習後の知識による評価結果の比較により検証された。図-2には、主要な評価項目の比較結果が示される。なお、図中の「太実線」、「点線」また「実線」は、それぞれ「本システムの学習前の知識による評価結果」、「学習後の知識による評価結果」、「専門技術者が行った評価結果」を示し、図中の番号はそれぞれ次の評価項目へ対応する：[1]主桁の設計レベル、[2]主桁の施工レベル、[3]主桁の供用状態、[4]主桁の材料劣化の程度、[5]主桁の支間

キーワード 鉄筋コンクリート橋梁、耐荷性能、耐久性能、性能評価システム、エキスパートシステム、ニューラルネットワーク

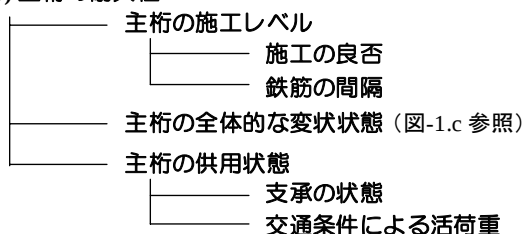
連絡先 〒113-8656 東京都 文京区 本郷 7-3-1 東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤工学専攻 橋梁研究室

Tel: 03-5841-6099 Fax: 03-5841-7454 E-mail: kawamura@bridge.t.u-tokyo.ac.jp

(a) 主桁の耐荷性



(b) 主桁の耐久性



(c) 主桁の全体的な変状状態

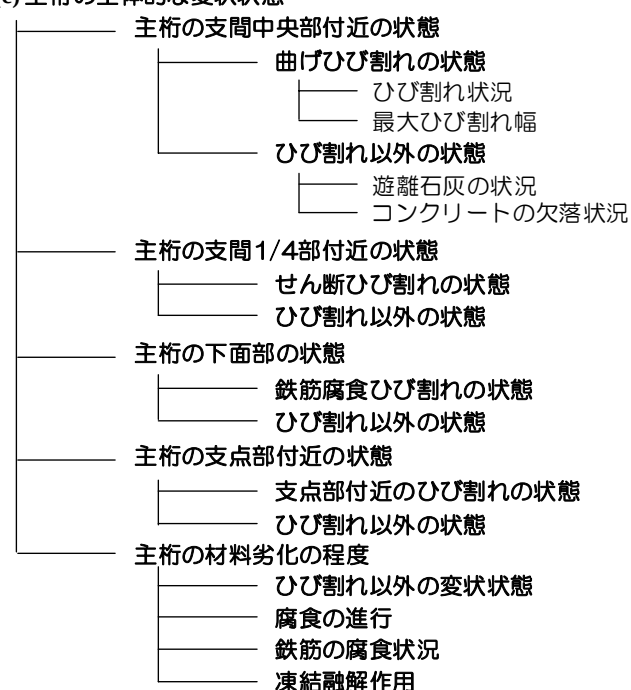


図-1 主桁の評価プロセス

表-1 曲げひび割れの状態を評価する if-then ルール

No.	前件部		後件部
	ひび割れ状況	最大ひび割れ幅	曲げひび割れの状態 (健全度)
1	Severe	Very large	0.0
2	Severe	Large	16.5
3	Severe	Small	33.5
4	Severe	Very small	50.0
5	Moderate	Very large	25.0
6	Moderate	Large	41.5
7	Moderate	Small	58.5
8	Moderate	Very small	75.0
9	Not severe	Very large	50.0
10	Not severe	Large	66.5
11	Not severe	Small	86.5
12	Not severe	Very small	100.0

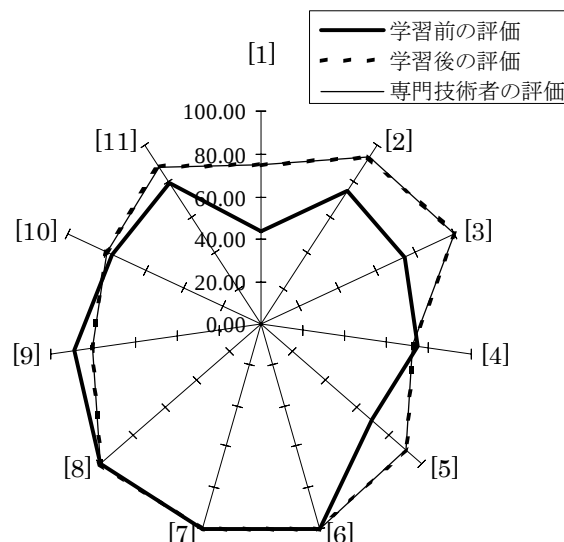


図-2 学習効果

中央部付近の状態, [6]主桁の支間 1/4 部付近の状態, [7]主桁の下面部の状態, [8]主桁の支点部付近の状態, [9]主桁の全体的な変状状態, [10]主桁の耐荷性, [11]主桁の耐久性。この結果より, 本システムの学習後の評価結果および専門技術者の評価結果は一致していることから, 本システムは十分な学習能力を有すると言える。

5. まとめ

本システムは, 十分な学習能力を持ち知識ベースの洗練を可能とすることが明らかになった。しかしながら, 本システムの実用化には, 本システムを様々な劣化状況の橋梁へ適用し, 既存の知識ベースをさらに洗練する必要がある。

参考文献

- [1] 河村 圭, 宮本 文穂, 中村 秀明, 三宅 秀明: 階層構造ニューラルネットを用いたコンクリート橋診断エキスパートシステムの実用化, 土木学会論文集, No.665 /VI-49, pp.45-64, 2000.12.
- [2] K. Kawamura, A. Miyamoto, D.M. Frangopol, R. Kimura: Performance Evaluation of Concrete Slabs of Existing Bridges using Neural Networks, Journal of Engineering structures, Vol.25, No.12, pp.1455-1477, 2003.10.