

山口大学大学院		山本 秀夫
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
山口大学大学院		河村 圭

## 1. はじめに

コンクリート橋は、長い間メンテナンス・フリーであると考えられてきた。しかし最近では、塩害や中性化、化学的な腐食に加え、交通量の急増、車輛の大型化などにより著しい損傷を受け、耐久性、耐荷力の低下が見受けられるものが年々増加しており、合理的な維持管理が必要となってきた。橋梁の維持管理の基本フローである「調査」→「診断」→「補修・補強」のうち「診断」には確立された診断方法がなく、現場の専門技術者の判断に頼っているのが現状である。また、維持管理業務の増加による、診断の行える専門技術者の不足も懸念されている。そこで本研究室では、橋梁の維持管理に携わる専門技術者の知識、経験を導入し、橋梁の点検結果や橋梁台帳などのデータから既存橋梁の診断が可能な「コンクリート橋診断エキスパートシステム（以下、本システム）」を開発してきた。本研究は、本システムに実橋梁のデータを入力し、その診断結果の検証を行ったものである。

## 2. 本システムの概要<sup>1)</sup>

### 2.1 知識表現

本システムでは、まずコンクリート橋の維持管理に携わる専門技術者の経験的な診断および評価に関する知識をファジィ集合を含む複数のif-thenルールの形で表現する。そして、それぞ

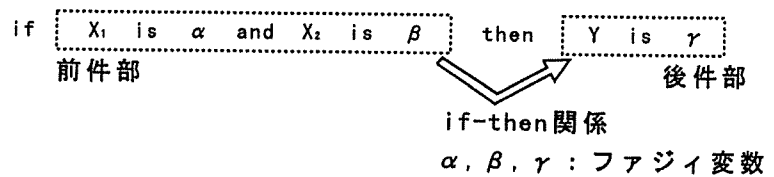


図1 ファジィ集合を含むif-thenルール

れ前件部の命題および後件部の命題の2つのパートに分解し、その両者をif-then関係で結びつける（図1参照）。ここで、前件部および後件部の命題を非線形関数が同定可能な3層ニューラルネットワークを用いて表現し、if-then関係にニューラルネットワークの連想記憶を適用してファジィ推論を可能としている。なお、連想記憶を行うネットワークとして、双方向連想記憶（BAM: Bidirectional Associative Memory）<sup>2)</sup>を用いている。

### 2.2 推論方法

本システムに診断対象橋梁の橋梁諸元、環境条件、交通量、各ひび割れの状態といった定量的および定性的なデータを入力すると、前件部ネットワークにおいてif-thenルール前件部の各命題の

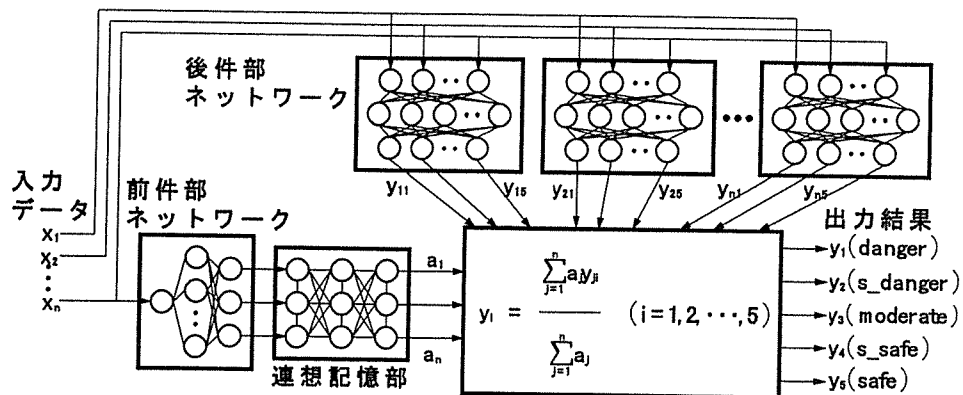


図2 本システムの推論機構

帰属度が出力される。それを基に、連想記憶部においてif-thenルール後件部の各命題の重みが連想される。また、後件部ネットワークにおいて、後件部命題の状態をdanger～safeの5つのカテゴリーに属する程度で表したものが出力される。そして、合成部において、各カテゴリーごとに、連想記憶部により得られた後件部命題に対する重みと後件部ネットワークの出力により推論結果を算出し、各診断項目ごとにdanger～safeの5段階評価が出力される（図2参照）。

### 3. 実橋梁への適用

#### 3.1 診断対象橋梁の概要

今回、本システムを適用して診断を行った橋梁は、山口県内に架設されている3橋で、事前に目視点検および橋梁台帳により各データを収集した。表1にその概要および損傷状況をまとめて示す。

表1 診断対象橋梁の概要と損傷状態

橋梁名	N橋	Y橋	F橋
所在地	山口県厚狭郡楠町	山口県厚狭郡楠町	山口県宇部市二俣瀬
架設年(橋齢)	昭和38年(33年)	昭和10年(61年)	昭和33年(38年)
橋梁形式	3径間RC単純T桁橋	単径間RC単純T桁橋	3径間RC連続ゲルバー桁橋
主桁損傷状態	「鉄筋腐食ひび割れ(10.0mm)」 「曲げひび割れ(0.3mm)」 「遊離石灰」 「コンクリートの欠落」	「鉄筋腐食ひび割れ(0.4mm)」 「曲げひび割れ(0.05mm)」 「遊離石灰」 「コンクリートの欠落」	「曲げひび割れ(0.1mm)」
荷重状態	あまり厳しくない	あまり厳しくない	厳しい
目視による損傷程度	大	中～大	小

#### 3.2 診断結果の検証

上述の3橋梁に対する本システムの主桁に関する診断結果の一例を表2にまとめる。ここで、耐荷性とは、橋梁の耐荷力の低下に対する抵抗性を示す指標であり、耐久性とは橋梁の材料の経年劣化に対する抵抗性を示す指標である。耐用性とは、耐荷性、耐久性の両面から見た橋梁の総合的な状態を示す指標である。表中の平均健全度は5段階評価の重心値を求めて非ファジィ化したものである。また、5段階評価のピーク位置には網掛けを施した。診断結果から以下のことがいえる。

表2 本システムによる3橋に対する診断結果の例

橋梁名	損傷程度 診断項目	平均健全度	danger	slightly danger	moderate	slightly safe	safe
N橋	主桁耐荷性	59.1	0.023	0.161	0.311	0.349	0.156
	主桁耐久性	34.7	0.084	0.666	0.208	0.033	0.014
	主桁耐用性	44.2	0.051	0.449	0.270	0.197	0.033
Y橋	主桁耐荷性	59.1	0.010	0.177	0.314	0.346	0.153
	主桁耐久性	32.4	0.089	0.760	0.105	0.035	0.011
	主桁耐用性	42.4	0.054	0.515	0.218	0.181	0.032
F橋	主桁耐荷性	57.3	0.005	0.202	0.455	0.096	0.242
	主桁耐久性	67.3	0.002	0.080	0.070	0.749	0.100
	主桁耐用性	61.2	0.016	0.122	0.257	0.497	0.108

①「N橋」および「Y橋」については、耐荷性よりも耐久性の方が評価が悪く、「F橋」については、その逆のことがいえる。このことは、3橋の荷重状態と劣化程度とほぼ対応する結果が得られていると考えられる。

② 耐用性の平均健全度では、「N橋」、「Y橋」および「F橋」についてそれぞれ44.2点、42.4点、61.2点となっており、目視点検により得られた損傷程度と比べても比較的良い結果が得られているといえる。

### 4. まとめ

・連想記憶を用いた推論機構をもつ「コンクリート橋診断エキスパートシステム」を、山口県内に架設されている3橋梁に適用した。

・診断結果は、荷重状態と劣化程度および、橋梁全体の損傷程度と比較しても、比較的良い結果が得られた。

### 参考文献

1) 宮本文穂、串田守可、森川英典、木下和哉：コンクリート橋診断ニューロ・ファジィエキスパートシステムの開発と信頼性の向上、土木学会論文集、No. 510/VI-26、91-101、1995. 3

2) 山口亨、関根智、Dennis Montgomery、遠藤経一：ファジィ連想推論に基づく知的インターフェイスとそのコマンドスペクトル修正器への適用、T. IEE Japan、Vol. 113-C、No. 9、1993.