

CS-115

推論機構を改良したコンクリート橋診断エキスパートシステムの既存橋梁への適用

山口県 正会員 山本秀夫 山口大学工学部 正会員 中村秀明
山口大学大学院 学生員 三宅秀明 山口大学工学部 正会員 宮本文穂

1. はじめに

従来よりメンテナンスフリーであると考えられてきたコンクリート橋であるが、近年では塩害、中性化、凍害、アルカリ骨材反応、化学的コンクリート腐食等の問題を抱えると共に、交通量の増加、車両の大型化により非常に過酷な条件の下で供用されているものも少なくない。また、2010年には橋齢50年以上の老朽橋が約35%に達するといわれ、新設橋梁の架設よりも既存橋梁の維持管理に重点を置いた整備への移行が考えられる。橋梁の維持管理の中でも「診断」は体系的な「補修・補強」を行うためにも特に重要と考えられるが、現在のところ現場の専門技術者の判断に頼っているのが現状であり、さらに今後の維持管理業務の増加による専門技術者不足も懸念される。そこで、本研究室では橋梁台帳や目視点検結果等のデータから橋梁の劣化診断が可能な「コンクリート橋診断エキスパートシステム」を開発してきた。本研究は、定量的なデータの学習範囲を拡大し、定性的な入力データを直接処理できる推論機構を再構築して改良した診断システム(以下、本システム)を既存橋梁に適用し、その診断結果の有効性を検証したものである。

2. システムの概要

2.1. 知識表現

本システムでは、橋梁の維持管理に携わる専門技術者へのアンケートによりえられた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ルールの形で表している。そして、各ルールを前件部および後件部の命題に分割し、それらをif-then関係で結びつける(図1参照)。前件部の一部および後件部の命題を比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関係に当たる部分を連想記憶を行うネットワークである双方向連想記憶で実現している。

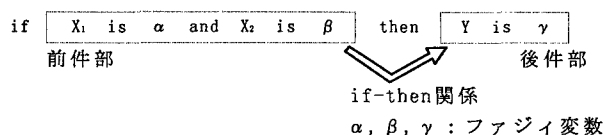


図1 ファジィ集合を含むif-thenルール

の命題に分割し、それらをif-then関係で結びつける(図1参照)。前件部の一部および後件部の命題を比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関係に当たる部分を連想記憶を行うネットワークである双方向連想記憶で実現している。

2.2. 推論機構

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データを入力すると、定性的なデータは直接に、定量的なデータは前件部ネットワークにおいてif-thenルール前件部各命題の帰属度に変換されてから連想記憶部に入力される。連想記憶部では前件部命題の合致度により後件部命題に対する重みが出力される。つまり、前件部命題が入力データによく合致してい

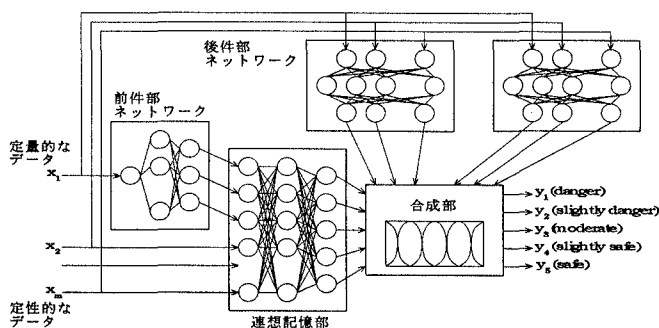


図2 推論機構の概念図

キーワード: 橋梁診断 エキスパートシステム ニューラルネットワーク ファジィ

〒755 山口県宇部市常盤台 2557 TEL 0836-35-9951 FAX 0836-35-9951

るルールの後件部命題に対する重みが大きくなり、あまり合致していないルールの後件部命題に対する重みが小さくなる。このように、後件部命題に対する重みを決定するのに、定量的なデータも直接使用できるようになった。また、後件部ネットワークではそれぞれ後件部命題である danger~safe の5段階に対応させた帰属度関数を出力される。そして合成部において、連想記憶部より出力された後件部命題に対する重みと後件部ネットワークにより出力された帰属度関数を掛け合わせて合成し、これを判定用帰属度関数²⁾と照合することにより danger~safe の5段階評価が得られる。さらに、合成された帰属度関数の重心を求めたものを「平均健全度」とする。なお、これまでの診断システム（以下、前システム）では前件部ネットワークにおいて、ひび割れ幅を1mmまでしか学習していなかったのに対して、本システムでは10mmまで学習範囲を広げた。

3. 既存橋梁への適用

3.1. 診断対象橋梁の概要

本システムを適用して診断を行った橋梁は前年度に調査を行った山口県内に架設されている3橋とした。表1にその概要および主桁の損傷状況をまとめて示す。

3.2. 診断結果および考察

本システムによる診断結果および前年までの診断システムの診断結果の一例を表2にまとめる。表中の「G」,「G'」はそれぞれ本システムおよび前システムの平均健全度である。これから以下のことがいえる。

①ひび割れ幅の学習範囲を広くしたことで、N橋の sub goal の一つである「鉄筋腐食ひび割れ」において、損傷状況を反映した診断結果が得られるようになった。

②上位 sub goal の一つである「主桁耐用性」の評価が、その差は小さいながらもN橋, Y橋, F橋の順で低く、目視による損傷程度と対応した結果が得られるようになった。

4. おわりに

本研究ではひび割れ幅の学習範囲を1mmから10mmに広げ、定性的なデータも直接推論に用いる推論機構を再構築して既存橋梁に適用した。その結果、目視点検から得られた損傷状況に対応した評価が得られ、sub goal によっては診断結果の大幅な向上が見られたものもあり、より信頼性の高い診断結果を導出することが可能となった。

参考文献

- 1)山本秀夫, 宮本文穂, 河村圭: 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実用化, 第48回土木学会中国支部研究発表会発表概要集 I-22, pp43-44, 1996.5.
- 2)宮本文穂, 森川英典, 古川正典, 松原琢磨: アンケートを利用した知識更新と橋梁診断エキスパートシステムの実用化, 建設工学研究所「研究報告」第33号, pp23-65, 1991.12.

表1 診断対象橋梁の概要および損傷状況

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
架設年(橋齢)	昭和38年(33年)	昭和12年(59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	かなり厳しい
損傷程度	大	中	小

表2 本システムの3橋に対する診断結果の例

橋梁名	判定項目	danger	s_danger	moderate	s_safe	safe	G	G'
N 橋	鉄筋腐食ひび割れ	0.117	0.733	0.121	0.008	0.021	25.1	56.0
	主桁耐荷性	0.001	0.106	0.332	0.330	0.230	67.0	63.3
	主桁耐久性	0.023	0.627	0.206	0.110	0.035	37.7	55.6
	主桁耐用性	0.033	0.380	0.281	0.252	0.054	47.9	59.4
Y 橋	鉄筋腐食ひび割れ	0.117	0.727	0.125	0.010	0.021	25.3	27.6
	主桁耐荷性	0.024	0.153	0.314	0.310	0.199	62.7	58.9
	主桁耐久性	0.011	0.487	0.190	0.289	0.023	45.6	31.6
	主桁耐用性	0.031	0.311	0.265	0.337	0.056	51.9	41.9
F 橋	鉄筋腐食ひび割れ	0.000	0.001	0.001	0.242	0.755	94.1	86.3
	主桁耐荷性	0.083	0.074	0.224	0.324	0.295	66.9	57.3
	主桁耐久性	0.005	0.310	0.154	0.499	0.031	56.0	67.6
	主桁耐用性	0.028	0.169	0.190	0.506	0.106	62.3	61.3