

3M-10 橋梁構造物の損傷度評価エキスパート・システムの開発に関する基礎的研究

馬野 元秀<sup>1</sup>・川上 宏一郎<sup>2</sup>・古田 均<sup>2</sup>・白石 成人<sup>2</sup>  
 1 大阪大学 大型計算機センター 2 京都大学 工学部 土木工学教室

1. はじめに

現存する橋梁構造物(橋や高速道路の高架部など)の維持・管理を行なっていくためには、その損傷度を評価する必要がある。しかし、これまで、損傷度の評価は経験豊富な専門家の工学的判断や直感に頼らざるをえなかった。本研究では、このような専門家のもつ知識を計算機に蓄積することにより、橋梁構造物の損傷度評価を行なうエキスパート・システムを作成することを目的とする。

本報告では、ほとんどピュアなプロダクション・システムを用いて作成したプロトタイプについて述べる。そして、問題点と次の段階への考察を行なう。

2. プロトタイプ・システムの概要

作成した橋梁構造物の損傷度評価エキスパート・システムのプロトタイプは、鉄筋コンクリート床版(橋の道路の部分)の損傷度を評価するものと鋼桁橋と呼ばれる橋全体の損傷度を評価するものである。ここでは、鉄筋コンクリート床版の損傷度を評価するシステムについて述べよう。

鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版と略す)は、鉄筋部分により長方形のパネルに分割できる。システムに各パネルの状態を入力すると、各パネルの損傷度を個別に評価し、各パネルの損傷度からRC床版全体の損傷度を決定する。

いま、RC床版全体が、例えば、図1のように番号を付けたパネルからできているとする(9枚の簡単な例で考える)。RC床版の各パネルの状況(例えば、ひびの発生位置、ひびの幅、ひびの方向、ひびの形状、剝離状況、露出状況、漏水状況、局部応力など)を次のように入力する。

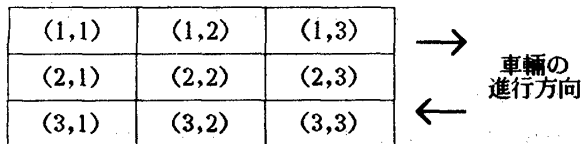


図1. 鉄筋コンクリート床版のパネル

```
(DATABASE 'SONSHOU-DATA
'( (PANEL 1 1)
(SONSHOU-TEID01)
(HIBI-HASSEIICHI SHISHOUBU 0.7)
(HIBI-HABA 0.25 0.8)
(HIBI-HOUKOU ZHOUKOU 0.8)
(HIBI-KEIJYOU KIKKOUJYOU 0.6)
(HAKURI 0.5 0.8)
(ROSHUTSU SHUTEKKIN 0.4 0.7)
(ROUSUI 0.4 0.5)
(KYOKUBU-OURYOKU 3 0.5) ))
```

本システムのワーキング・メモリ(データベース)は複数個あり、自由に名前を付けることができる。上のように入力すると、SONSHOU-DATA というワーキング・メモリにパネルのデータが入れられる。また、各項目の最後の数値はCFである。

ルールは、(1)損傷程度の評価(ルール数は92個)、(2)ひび割れ発生時期の評価(258個)、(3)ひび割れ原因の評価(365個)、(4)損傷進行度の評価(65個)、(5)損傷状況の表示(9個)、(6)損傷パターンの判定(30個)、(7)損傷進行パターンの判定(29個)を行なうものからできており、12個のルールベースに分割され、蓄積されている。(1)-(4)はパネルごとの評価のために適用されるルールであり、(5)-(7)はすべてのパネルの評価が終わってから、RC床版全体の評価を行なうために適用されるルールである。これらは、文献[1],[2]および専門家から得た知識をルール化したものである。ルール(1)例を1つを示そう。

```
(SONSHOU-TEID0-3-2
IF
(SONSHOU-TEID03)
(HIBI-HOUKOU ZHOUKOU =CF1)
(HIBI-HABA L =CF2)
(HIBI-KANKAKU S =CF3)
THEN
(*DELETE (SONSHOU-TEID03))
(*DEPOSIT (SONSHOU-TEID04))
(*CHANGE-D SONSHOU-TEID0-DATA3)
(*DEPOSIT (SONSHOU-TEID0 A
(*TIMES 1.0 (*MIN =CF1 =CF2 =CF3))))
(*CHANGE-D SONSHOU-DATA))
```

ここで、=CF1 のように前に = が付いたアトムが変数で、\*DELETE のように \* が付いたアトムが関数を表わす(関数 \*DELETE はデータをワーキング・メモリから削除し、\*DEPOSIT はデータをワーキング・メモリへ追加し、\*CHANGE-D は、使用するワーキング・メモリを変更する)。

このルールを見ると分かるように、CF の計算はプロダクション・システムのインタープリタが行なうのではなく、ルール中に計算の方法を、直接、書くことにより行なっている。また、ルールは最初にマッチしたものを選択するという単純な方法を用いている。

さて、現在のワーキング・メモリ SONSHOU-DATA に対して、ルール(1)-(4)を適用すると、

SONSHOU-TEIDO-DATA :  
 ((PANEL 1 1 (SONSHOU-TEIDO A +0.8000000^+00))

HIBI-HASSEIJIKI-DATA :  
 ((PANEL 1 1 (HIBI-HASSEIJIKI OLD +0.8000000^-01))

HIBI-GENIN-DATA :  
 ((PANEL 1 1 (FURYOU SEMENTO +0.1200000^+00)  
 (PANEL 1 1 (FUSOKU KONKURIIITO-ASSHUKUKYODO  
 +0.4900000^+00)  
 (PANEL 1 1 (SENDANHIBIWARE +0.3500000^+00)  
 (PANEL 1 1 (FUSOKU HOKYOUTEKKIN +0.3500000^+00)  
 (PANEL 1 1 (FUSOKU DANMEN +0.3500000^+00) ))

SONSHOU-SHINKOU-DATA :  
 ((PANEL 1 1 (SONSHOU-SHINKOUDO A +0.2800000^+00))

が得られる。ここで、損傷度などは A(大)、B(中)、C(小) の 3 段階で表わしている。このとき、同じデータから複数個の結果が得られることもある。そのときは、段階の高いものを選び、CF はその段階の中で最大のものを取るようになっている。

そして、別のパネルのデータが次々と読み込まれ、同じように評価され、上のワーキング・メモリに追加される。そして、最後のパネルの処理が終わると、ルール(5)が起動され、各パネルの「損傷度」と「損傷進行度」が図 1 に合わせて表示される(実際は、順に表示されるが、紙面節約のために横に書く)。

	A C A		A ? A
損傷度	A C C	損傷進行度	B C ?
	A A C		B A C

ここで、? は判定できなかったことを表わす。

そして、ルール(6)により RC 床版全体の損傷パターンを決定する。これは、RC 床版を図 2 のように 3 つのゾーンに分け(いまは、各区切りにパネルが 1 枚しかない)、これに基づいてパネルの損傷度の分布を P1-P6 という 6

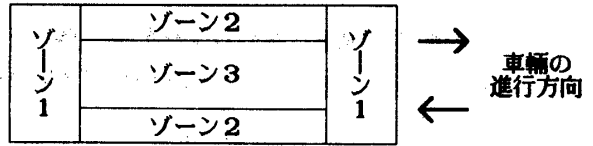


図 2. 鉄筋コンクリート床版のゾーン

つのパターンに分ける。今の場合、

SONSHOU-PATTERN-DATA :  
 ((SONSHOU-PATTERN P6 +0.8000000^+00))

となり、「P6: 損傷が床版全体でそれほど大きくない」が結果として得られる。

損傷進行度の場合も、これとほぼ同じで、ルール(7)により、

SHINKOU-PATTERN-DATA :  
 ((SHINKOU-PATTERN P6 +0.2800000^+00))

となり、「P6: 損傷の進行が床版全体でそれほど進んでいない」が結果として得られる。

3. おわりに

以上、橋梁構造物の鉄筋コンクリート床版の損傷度を評価するエキスパート・システムのプロトタイプについて述べた。本システムは、京都大学 大型計算機センターの M-382 上の UTI-Lisp で作成したプロダクション・システムにより記述した。

現在のシステムは、前向き推論のみで実現しているが、後向き推論を使用したい部分もあり、前向きと後向きの推論の併用は今後の問題である。また、データの人力方法については、現在のシステムではほとんど考慮していない。説明機能などを含めたユーザ・インターフェイスの向上は、必須である。ある種のあいまいさは CF で表現したが、CF の計算法については今後も検討を加える必要がある。さらに、ある項目が「大きい」や「小さい」というようなルールやデータも記述したい。現在、ファジィ集合に基づくプロダクション・システム[3]を用いることを検討中である。

【参考文献】

1. 阪神高速道路公団(1985):道路構造物の点検標準(土木構造物編)、235ページ。
2. 高架構造研究会(編)(1978):高架橋の点検補修、321ページ、理工図書。
3. 馬野(1986):「ファジィ・プロダクション・システムの実現」、情報処理学会 第 32 回全国大会(昭和 61 年度前期)、pp.1255-1256、No.4M-11。