

橋梁架設における安全管理システムの構築と実用化

東陶情報システム㈱

山口大学 工学部

日本橋梁㈱

土取 範和

正会員 宮本 文穂

正会員 ○小西 日出幸

1. はじめに

近年、橋梁は年々長大化し、その架設は高精度化と相まって複雑なプロセスをたどるようになり、安全管理上の問題点となってきた。また、橋梁架設に携わる経験豊富な熟練工不足はこの問題をさらに複雑にしている。本研究では、橋梁架設時における重大事故に対する安全管理を系統的に行うために人工知能技術の応用分野であるエキスパートシステムを適用し、架設中の各段階での点検結果を順次入力することによって、事故発生の予測を可能にするシステム（安全管理システム）の構築を試みるものである。本研究で対象とする架設工法は、山岳地域の鋼橋の架設に用いられるケーブルエレクション斜吊工法とする。

2. 対象架設工法の選定理由

本研究で対象とするケーブルエレクション斜吊工法は、他の架設工法と比べて架設工程および架設設備が複雑で、しかも架設中の変形が大きくなり易く、ここ数年における重大事故の発生頻度が比較的高いものである。また、架設中に比較的不安定な状態での期間が長く続き、全体の工期も比較的最長いなどの特徴を有しており、架設設備の部分的な欠陥が重大事故につながる事例が多い。また、この工法の特徴としては、ウインチ操作など職人として培われた知識や勘に負うところが多く、経験や技術の伝承がスムーズに行われていないときに重大事故につながっている。すなわち、本研究で適用を考えているエキスパートシステムが知識および技術の伝承の手助けとなるとともに重大事故発生の予測に役立つことができると考えられる。

3. 事故発生要因の関連と階層化

ケーブルエレクション斜吊工法の場合、主要部材である「ケーブル部材の機能損失」および「架設鉄塔の機能損失」が最終的に重大事故発生に直接かかわってくると考えられるので、この2つに関係する事故発生要因と事故要因をどのようにチェックすればよいかの内容について整理することによって、要因相互の関連を把握できる。また、これらの事故発生要因がどのように組み合わせさせて重大事故が起こるかを表現するために、事故発生に至る経過を階層構造を利用することによって表わすものとする。階層構造を適用するにあたっては、まず重大事故の発生が最終的に「ケーブル部材の機能損失」と「架設鉄塔の機能損失」の組み合わせによって生じるものと考え、最上位層が図1のような関連にあると仮定する。また、「ケーブル部材の機能損失」と「架設鉄塔の機能損失」に至る事故発生要因間の関連（中間層および最下層）も同様の階層構造によって表わす¹⁾。このような関連は事故調査の整理および専門家への数回に及ぶインタビューを通じて決定した¹⁾。



図1 階層構造の例（最上位層）

4. システムの構築

安全管理システムを構築するにあたってエキスパートシステムを採用することにしたが、本研究では初期段階として市販のエキスパートシェルを利用して開発することにした。エキスパートシェルとはエキスパートシステムの知識ベースの部分だけを空にして汎用性を高めたものである。本研究で利用するエキスパートシェルとしては日本での利用が比較的一般化し、サポート体制が比較的確立していると思われる「大創玄／T B for Windows」を使うことにした。安全管理システムを構築にあたって必要となる推論エンジン内部の知識ベースを作成するために、上述の事故発生要因の階層構造およびチェック内容などをルール化する。次にそれぞれのルールに対して確信度の設定を行う。こ

表1 確信度集計表の例

検討項目	アンカー部の抜けだし	
確認事項	アンカーの強度	
選択肢	重力式コンクリート	グラウンドアンカー
確信度	- 0.4	+ 0.1
備考	アンカーの強度の違いに注意	

の度合いを+1.00~-1.00の数値で表現したものである。この確信度は、表1に示すような確信度集計表と表2に示すような確信度設定基準表を作成し、これらの表を基に専門家にインタビューなどを行って決定した。ここで設定した確信度の値が適切なものか否かを判断するために、プロトタイプにデータの入力を繰り返し、専門家とも議論した結果、表2で設定した-1.00以外のマイナスの確信度値を+0.00とし、またプラスの確信度値の最大値を+0.50とする場合が確信度結合後の最終出力値に合理性があることがわかった。このように各ルールに対応する確信度が確定した後に、システム内の画面作成にはいる。一例としてワイヤークリップの増し締めに関する質問画面を図2に示す。以下、同様な画面を作成する事によって安全管理システムの構築が完了する。

表2 確信度設定基準表

絶対に考えられる	+1.00	絶対に考えられない	-1.00
十分に考えられる	+0.7~+0.9	ほぼ考えられない	-0.9~-0.7
考えられる	+0.4~+0.6	考えられない	-0.6~-0.4
少し考えられる	+0.1~+0.3	少し考えられない	-0.3~-0.1
わからない	+0.00		

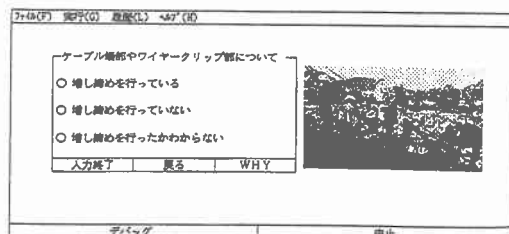


図2 システムの質問画面例

5. システムの流れと危険度予測

本システム内での診断過程の全体フローを図3に示す。最初にシステムを起動することによってシステムから各種の質問項目やチェック内容について画面上で順次回答を求めてくるので、これらの質問に対して逐次入力していくと、それぞれの回答に対応した確信度が設定される。このように次々に表示される質問画面に対する回答が完了すると確信度の結合計算が繰り返し行われ、各部位ごとの事故発生の危険度を結合後の確信度の高い順に表示し、その後に図1に示すFinal goalである全体系としての事故発生の危険度を表示してシステムが終了する。本システムによる危険度診断の具体例として、まず最初に最も事故が起こりにくいと考えられるデータを入力した場合の事故発生の危険度に対する確信度の値が+0.00となった。次に、最も事故の起こりやすいと考えられるデータを入力した場合のそれは+0.99となった。次にこの様な結果を踏まえて一般的に行われている架設の状態と考えられるデータを入力した結果、事故発生の危険度に対する確信度の値が約+0.86となった。この結果を見ても わかるように入力データの数に応じた回数の確信度の結合が行われるため全体的に事故発生に対する確信度値が大きくなってしまい、実際には事故の起こる可能性は小さいにも関わらず確信度が高くなる傾向がある。本システム内では、専門家の経験を踏まえて本システムより得られる確信度の値を確率に準ずる値と対応させることによって事故発生の予測を行えるようにしている。



図3 診断過程の全体フロー図

6. 結論

本研究は鋼橋架設時の重大事故発生の危険度を予測するシステムを対象工法を絞って構築し、その実用性を論じたものである。本研究より以下のような結論が得られる。

- ①階層構造を作成する過程で事故発生要因間の関連を明確にできた。
- ②チェック内容や階層構造などを利用し、エキスパートシェルを使うことによって安全管理エキスパートシステムを作成し、重大事故発生の予測を行うことができるようになった。
- ③推論結果として出力された確信度に事故の起こる可能性を示す確率に準ずる値を対応させることによって、事故発生の可能性と対応できるようになった。

〔参考文献〕

- 1) (社) 土木学会関西支部共同研究グループ報告書：土木構造物の知識情報処理に関する調査研究報告書，pp. 21~61，土木学会関西支部，1993. 7