

橋梁架設におけるリスク分析のための安全管理エキスパートシステムの開発

日本橋梁株式会社 正会員 小西日出幸 株式会社F F C 中野克哉
 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

1. はじめに

筆者らは、橋梁架設時の事故要因のチェックにより危険度予測を行う安全管理支援エキスパートシステムについて報告してきた¹⁾。そこでは、事故要因のもつ危険度を表現するために確信度を用いた。その場合、各要因の危険度を2～5段階に分け、それぞれの段階に対して確信度を設定する手法としている。また、要因ごとの事故につながる度合いの差については3段階の重要度により考慮した。本研究では、専門家の知識である事故要因の危険度をもつあいまいさを、ファジィ推論により評価できる手法を適用した。また、重要度に代えて一対比較の手法²⁾により事故発生への影響度を評価した。

2. システムの概要

本システムは鋼橋の架設を対象としている。架設工法としては、ケーブルエレクション斜吊工法、送出し工法および自走台車を用いた一括架設工法といった特殊な架設工法を対象とした、安全管理を支援するシステムである。架設現場における安全管理者や監督者をユーザの対象としてシステム構築しているが、経験不足の技術者のための教育や架設計画時に安全管理を検討する上でも利用できるシステムと考える。

3. 各事故要因の危険度のあいまいさおよび事故発生への影響度の評価

各事故要因がもつリスクの大きさを数値として示すためには、①現場の状態の度合い、②事故に与える影響度、といった2つの度合いを定量化する必要がある。①に関してははしてはメンバシップ関数を用いて表現し、②に関しては各事故要因項目の一対比較を行うことにより算出する。

3. 1. ファジィメンバシップの設定

事故要因は階層化を行った後、システム内の知識ベース内に格納される。格納される知識は本システムの場合、以下の4つのパターンに分類される。

<知識パターン>

- ① 数値による判断基準はないが、Yes-No形式で回答が可能なもの。例えば、軌条の固定を行ったかどうか。
- ② 数値による判断基準があり、範囲を持っているもの。例えば、桁の曲線半径。
- ③ 数値による判断基準はないが、「確認」、「徹底」等の有無を回答するもの。例えば、桁組立ヤードの地耐力の確認をしたかどうか。
- ④ 数値による判断基準がないが、比較的主観に左右されるもの。例えば、軌条の起伏がどの程度かどうか。

以上のような表現をより明確に表現するために、ファジィメンバシップ関数を適用することを提案した。ファジィメンバシップでは図-1に示すようなメンバシップ関数が与えられる。

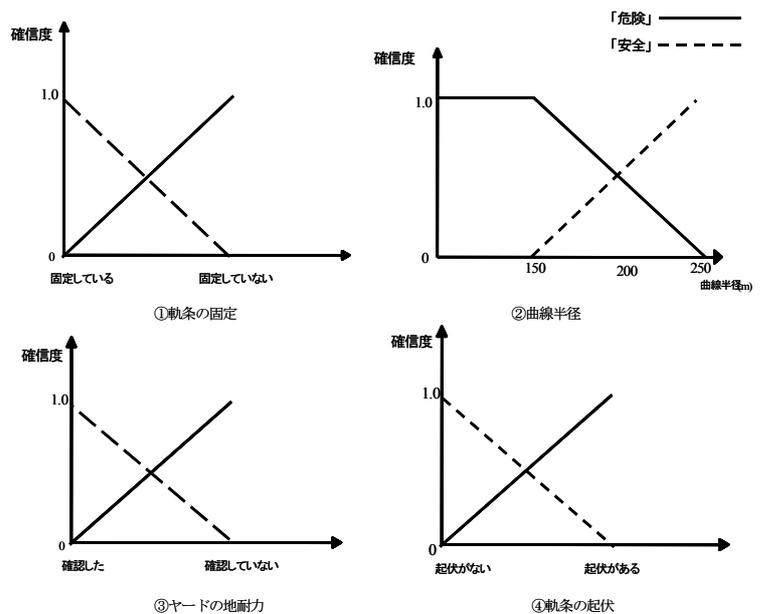


図2 メンバシップ関数の形状

キーワード：鋼橋架設，安全管理，エキスパートシステム，ファジィ理論，一対比較

〒675-0164 兵庫県加古郡播磨町東新島3番地 日本橋梁 TEL：078-941-3750 FAX：078-949-2119

3. 2. 影響度の設定

本研究で行うリスク解析では、関連する事故要因項目の数は 30 程度としている。しかし、すべての事故要因項目を一对比較することは実用的ではない。そこで、すべての事故要因について、結びつく事故の型ごとに分けて一对比較を行うこととした。表-1 一对比較値を示す。この値をもとに「架設条件」における事故発生要因の一对比較による固有ベクトルの算出する。算出例を図-2 に示す。このような値とファジイメンバシップ関数より求めた値より各事故要因が内包するリスク値を求める。事故の型ごとにリスク値を集計することにより、事故発生の可能性を予測する。リスク値の集計は式(1)を用いる。

$$y = \sum_{i=1}^K a_i u_i(x) \quad (1)$$

y : 事故に対する評価値
 a_i : 事故要因の影響度
 u_i(x) : ファジイメンバシップ関数の帰属度
 K : 事故要因数

表-1 一对比較値

一对比較値	意味
1	同じくらい重要 (equal importance)
3	やや重要 (weak importance)
5	かなり重要 (strong importance)
7	非常に重要 (very strong importance)
9	絶対に重要 (absolute importance)

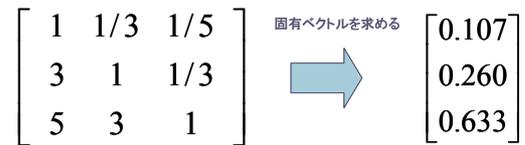


図-2 固有ベクトルの算出例

4. 事故事例の検証

送出し工法適用時の架設作業中に発生した事故のデータを収集し、過去 10 年以内に発生している事故データ 2 件にあげられている事故要因をシステムのチェック項目に対応させて入力し、どのような値が出力されるか検証を行った (表-2)。

各作業工程の危険度の値は図-4 のグラフに示すようになった。事故は送出し中あるいは前に起こったので、出力結果としてはある程度正しいといえる。しかし、他にも、危険度が高い工程があるため、それらの関連を考察する必要があると考えられる。

表-2 事故事例の事故発生要因

	直接的要因	間接的要因
A橋	<ul style="list-style-type: none"> ・異常な後ろ向きの水平力の発生 ・横移動ストッパーの措置が無かった ・曲線桁の影響 ・ジャッキ位置のずれ 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場監督の不徹底
B橋	<ul style="list-style-type: none"> ・異常な横方向水平力の発生 ・移動ストッパーの一時撤去 ・曲線桁の影響 ・ジャッキ位置のずれ 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画の不備

5. まとめ

本研究では以下のような成果が得られた。

- ・ファジイメンバシップ関数の設定や事故要因項目の一对比較を用いて、質問項目に含まれる曖昧性について定量的に評価できる推論機構を提案した。
- ・過去に構築した「鋼橋架設選定システム」と本システムを統合して、同一システム内で推論できるようにした。
- ・過去の事故事例による事故原因を診断データとしてシステムに入力し、システムの有効性について検証した。

参考文献

- 1) 小西, 中野, 荻野, 江藤, 大塚: 送出し架設による橋梁架設時の安全管理支援システムの開発, 土木学会第 56 回年次学術講演概要集VI, pp. 222-223, 2001.
- 2) 木下栄蔵: 入門 AHP 決断と合意形成のテクニック, 日科技連出版社, pp29-33, 2000.

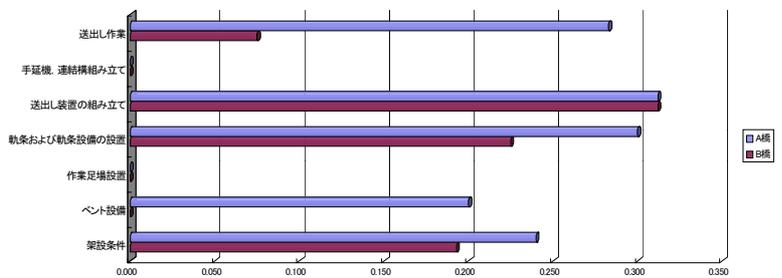


図 4 工程ごとの出力結果