

橋梁架設における作業工程を考慮した安全管理システムの構築

山口大学大学院 学生会員 ○森山圭吾
日本橋梁株式会社 正会員 小西日出幸

日立情報システム	今泉貴則
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

橋梁架設では、架設工法の技術進歩と共に、重大事故も多く発生している。そもそも重大事故は、複数の要因が相互に絡み合って発生するものと考えられており、現場の熟練労働者は、彼等の持つ専門的な知識や経験によって、事前に事故を回避しているといえる¹⁾。しかし熟練労働者の数は現在不足傾向にあり、彼等から貴重な技術や経験、知識を得ることが困難になりつつある²⁾。

本研究では橋梁架設時の安全管理に関して、橋梁架設の専門家や熟練労働者達の有する知識を組み込んだエキスパートシステムの開発を試みている。また最終的には橋梁架設時の事故発生の危険度を推論する安全管理システムの構築を目指す。

2. システム構築

2.1 システム対象工法

本研究では、鋼橋架設時における事故発生の頻度が他工法と比べ比較的高い「送出し工法」を対象として、安全管理システムを構築した。そこで、送出し工法について、重大事故発生の元となる事故要因を調査し、事故要因間の因果関係を明らかにした上で、対象工法の事故発生の階層化を行った。これにより送出し工法の事故発生の上位層は、図1のようになり、新たに「桁横取り作業」についてシステムを構築した。

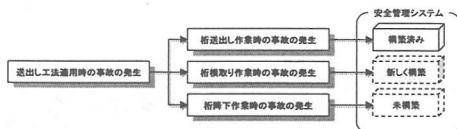


図 1. 対象工法の事故要因の階層モデル

2.2 事故発生要因の階層化

橋梁架設時における安全管理上の専門的な知識や経験則を専門家から抽出し、送出し工法の対象工程ごとに、事故発生要因とそのチェック内容とにそれぞれまとめた。事故発生要因は、これらがどのように関連しあって最終的に重大事故が発生するかを把握するために、事故発生に至るまでの過程を図2のように階層化して表現することにした。またチェック内容は、階層構造モデルの最下層に位置しており、これらを評価していく事で中間層及び上位層の診断を行う事ができる。

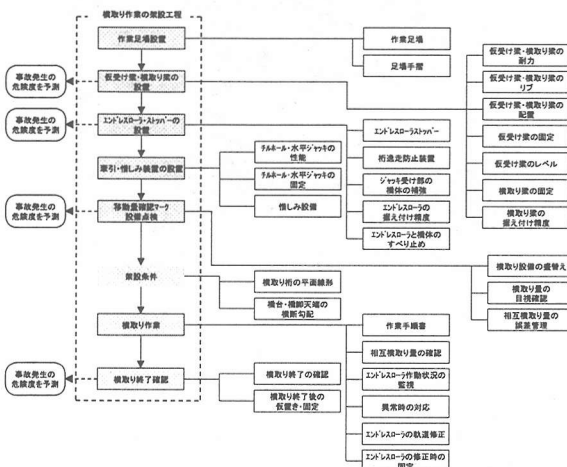


図 2. 工程毎に階層化された事故発生

2.3 確信度の設定

本研究では、チェック内容のもつ曖昧さの主観的度合いを数値で表現する確信度 (certainty factor : CF) を用いることにした。また、2 つ以上のルールが同一の結論を、各々異なる確信度で導く場合の確信度集計方法として、従来から平均値法を用いている。平均値法とは、最大値選択法と comb 法 (表 1 参照) で得られる値の平均値を、その項目の

表 1. comb 法による確信度計算

条件	計算式
CF1 $\geq$ +1.00 or CF2 $\geq$ +1.00	CF3 = +1.00
CF1 $\leq$ -1.00 or CF2 $\leq$ -1.00	CF3 = -1.00
CF1 $>$ 0 and CF2 $>$ 0	CF3 = CF1+(1.0-CF1) $\times$ CF2
CF1 $<$ 0 and CF2 $<$ 0	CF3 = CF1+(1.0-CF1) $\times$ CF2
CF1 $\times$ CF2 $\leq$ 0	CF3 = (CF1+CF2) / [1-min(CF1 , CF2)]

CF1: 集計を行う前までの集計値 (確信度)
CF2: 新しく成立したルールが与える確信度
CF3: comb 法に基づいて集計計算された確信度

確信度として扱うものである。

2.4 システムの推論方法

今回構築した安全管理システムについては、階層化する方法を従来のものから変更した事で、作業工程毎に分割して事故発生を予測する事を可能とした。これは実際に現場でシステムによる推論を行う場合、まだ着手していない工程については条件を入力せずとも、集計された確信度における妥当性が得られることを示す。すなわち、実際の架設現場での工事の進行状況に応じて各作業工程の安全性を診断できるため、従来のシステムよりも実用性の高いシステムとなっている。

3. システムの診断過程

ここでは、安全管理システムの診断過程（図3）を説明する。まず、推論開始ボタンをクリックすると、どの作業工程まで推論するかを選択する工程選択画面と、作業工程の階層構造画面が表示される。推論する工程を選択すると、診断する工程までの質問項目画面が表示される。各質問項目について、同じ作業工程内でグルーピングが可能なものは同じ画面内に表示した事で、推論時間を短縮させた。ユーザは各質問項目内に表示してあるチェック内容と、横取り作業を行う現場とを照らし合わせ、条件に合致するものを選択する。選択した工程までの推論を終えると、危険度評価画面が表示される。ここでは、これまでに診断した工程の各作業工程個別の事故発生に関する危険度（確信度）が確認できる。また診断した作業工程までに集計した総合危険度は、その数値と、数値を専門家によって決定された5段階評価（1が最も安全な場合で5が最も危険な場合である）によって表現している。また見直し箇所確認画面では、診断した各作業工程の不安全項目を工程ごとに確認する事ができる。



図3. 診断過程

4. 考察

4つの分割された作業工程に対して安全管理システムによる診断を行った。具体的には、各チェック内容を「最も安全な場合」、「最も危険な場合」についてそれぞれ入力を行い、危険度のデータを比較した（表2）。最終工程までの総合危険度は、「最も安全な場合」に0.00、「最も危険な場合」に0.865といった数値が出力される。確信度の範囲を0.00～1.00と設定している本システムにおいて、総合危険度のとりうる確信度範囲は0.00～0.865となり、設定された確信度範囲にほぼ準じている事から、確信度のとりうる数値として妥当と思われる。

表2. チェック内容による診断パターン

各作業工程	最も安全	最も危険	質問数
第一工程までの危険度	0	0.594	9
第二工程までの危険度	0	0.682	14
第三工程までの危険度	0	0.785	20
第四工程までの危険度	0	0.865	30

5. まとめ

- ①「横取り作業」に関して安全管理上の専門的な知識を用いて診断できる安全管理システムを構築した。
- ②階層化する際、工程毎に事故要因を分類する事で工程毎に危険度を評価できる推論方法を確立した。
- ③質問項目のグルーピングや見直し画面の危険度を降順に表示させる事でインタフェースを向上した。

参考文献

- 1) 中島新光：「安全施工の要点」，鹿島出版会，pp38-48
- 2) 広兼道幸：「橋梁架設における安全管理のシステム化に関する研究」，土木学会報告書，pp27-34