

鋼橋架設における工法選定および安全管理の統合システムの開発

山口大学大学院 学生員○森山圭吾 （株）日本橋梁 正会員 小西日出幸
山口大学工学部 正会員 中村秀明 山口大学工学部 正会員 宮本文穂

1. はじめに

現在、橋梁は長大化、複雑化をたどり、橋梁架設は複雑な過程を経るようになってきていると同時に、架設中の安全管理上の問題も浮上している。特に橋梁架設中に発生する事故は減少傾向とは言い難く、繰り返し起きているのが現状である。しかし、このような現状の中、橋梁架設に携わる専門家は不足傾向にあり、専門家の貴重な知識や経験を明確な形で伝承していくことが求められている。そこで、本研究では専門家の知識を組み込んだエキスパートシステムの開発を試みた。

本研究では、鋼橋を対象として安全管理システムを構築し、既存の架設工法選定システムと統合させたエキスパートシステムの開発を行った。さらに、本研究で構築した安全管理システムおよび統合したシステムについて検証した。

2. 安全管理システムによる危険度予測

鋼橋の架設工法である送り出し工法を対象として橋梁架設時に発生した重大事故の要因を分析し、その要因間の因果関係を明確にして安全管理システムを構築した。

2.1 事故発生要因の階層化

送り出し工法の事故発生の形態は「桁送出作業時の事故の発生」、「桁降下作業時の事故の発生」、および「桁横取り作業時の事故の発生」に分類できる。図-1に示すようにこれらを階層化し、本研究では「桁送出作業時の事故の発生」を想定して構築した。



図-1 事故発生要因の上位階層構造

また架設中に事故が発生する可能性が高いと考えられる項目を整理して送り出し工法の架設フローを作成し、それに基づいた階層構造図を作成した。このように事故要因を階層化することで事故発生にどの事故要因が影響するかを明確にしている。

2.2 確信度の設定

本システムでは、確信度を 0.00 から+1.00 の範囲の中で最も危険な場合を+1.00、最も安全な場合を 0.00 として設定している。この確信度は、各事故要因項目に設定している基本値と重要度を乗じることで算出される。基本値とは、表-1に示すように事故要因項目のチェック内容の評価に対する確信度の基本値であり5段階に分けられている。重要度とは、表-2に示すように事故発生にその事故要因がどれだけ影響を及ぼすかを示す基準値であり、3段階に分けられている。

表-1 確信度の基本値

評価	記号	基本値
安全	◎	0.00
普通	○	0.05
不確実	△	0.10
不安	▲	0.15
危険	×	0.20

表-2 確信度の重要度

重要度	α
1(高)	1.50
2(中)	1.00
3(低)	0.75

2.3 診断過程の確認機能

本システムは作成した階層構造の最下層の事故要因より推論が始まる。各事故要因の質問事項に答えていくことで確信度が求まり、最終的に集計された確信度を危険度に対応づけて予測危険度を求める。診断結果算出後、診断過程の数ある事故要因のうち特に危険な事故要因だと思われるものをユーザー側が理解できるように見直し箇所確認機能（図-2）を追加した。

表-3 診断結果の比較表

診断パターン	危険度
MORE SAFE	0.171(0.120)
SAFE	0.392(0.349)
DANGEROUS	0.785(0.120)
MORE DANGEROUS	0.811(0.349)

2.4 安全管理システムによる診断結果の検証

実際にシステムにより表-3 に示すような4つの診断パターンを比較・検討した。「MORE SAFE」は最も安全な場合、「SAFE」は架設条件が最も危険な場合でその他は最も安全な場合、「DANGEROUS」は架設条件が最も安全な場合でその他は最も危険な場合、「MORE DANGEROUS」は最も危険な場合を表す。「架設条件」とは事故発生要因の階層構造の中に含まれているもので、これは架設現場の環境条件を考慮したものである。他の部材、機材に基づいた事故要因とは別に扱うため、表-3 では「架設条件」の確信度を（ ）内に表した。

最も危険な場合が0.811であり、確信度の最大値1.00に限りなく近い数値とは言いがたいが、診断データが確信度の範囲（ $0.00 \leq CF \leq 1.00$ ）内にほぼ均等な広がりを見せ、妥当な診断結果が得られたといえる。

荷送出作業時の事故の発生

【診断条件】では以下の値が不安全要素となっています。

事故発生要因	不安全要因
1. 平面形状	荷送面幅で曲線半径200m程度
2. 断面形状	
3. ヤードの長さ	既設の安全網は1.2mより足りていない

【架設条件】が最も危険な場合は以下の項目です。

事故発生要因	危険度	原因・危険箇所
4. ジャッキの能力		
5. ジャッキの運動		
6. 送出力の調整	0.15	送り出し装置の受け台
7. ジャッキの滑動	0.15	ジャッキの固定する部分
8. 送出力の調整方向	0.15	送り出し装置の受け台
9. 荷重移動防止装置		
10. 送出力の能力および振動変位に対する	0.225	荷重移動させるような
11. 作業足場の使用方法		
12. 作業足場		
13. 送出力の確認	0.2	送り出し装置のマーキング等
14. 作業間の手順連絡	0.3	各作業間の手順を踏む
15. 反力管理	0.3	送り出し作業ごとにシ

設定項目を変更しますか？

はい いいえ

図-2 見直し箇所確認画面

3. システムの統合化

橋梁架設時の安全管理を考慮して架設工法を選定することを目的とし、既存の鋼橋架設工法選定システムに新たに構築した安全管理システムを組み合わせることで統合化をはかった。

3.1 システムの統合方法

図-3 に示すように既存の架設工法選定システムに安全管理情報を導入し、架設工法選定システムからの安全管理情報を引き継ぐことによる安全管理システムへの統合（情報引継型統合）を考えた。

架設計画前に工法が選定された段階で安全管理情報をユーザー側に提示することによって架設時における注意を呼びかけるものである。現場施工時では実際に橋梁架設に用いられる部材、機材に着目した安全管理対策として安全管理システムを起動させる。このようにすることで、橋梁架設の始終において安全性を確保できるようになった。

4. まとめ

以下に本研究で得られた成果をまとめる。

- ① 安全管理情報を引き継ぐ形により、架設工法選定システムと安全管理システムとのシステム統合化を実現した。
- ② 安全管理システムの診断結果後、推論過程の事故要因の分析を可能とし、推論過程の変更をより効率的に行えるようになった。
- ③ 複数の専門家による確信度の設定により、偏りを持つ主観的な設定ではなく、より楽観的な確信度を獲得した。その結果、診断結果はほぼ妥当な数値を導くことができた。

参考文献

- 1) 江越信幸：橋梁の架設工法および安全管理の統合型システムの開発、山口大学卒業論文、1998.2

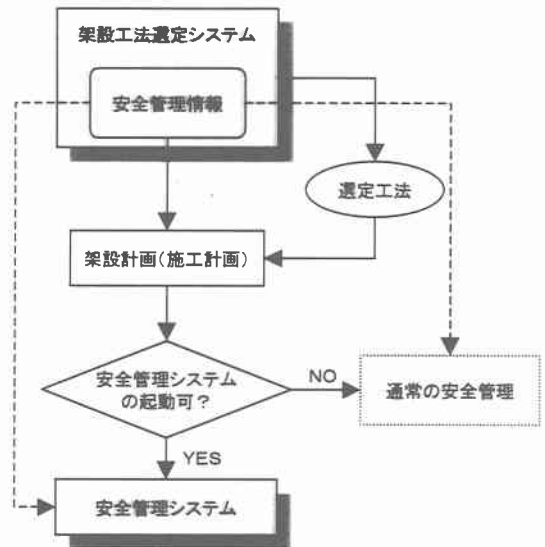


図-3 情報引継型統合によるシステムの統合化