

CS-103 因果ネットワークを用いた橋梁劣化要因の推定

山口大学工学部 正会員 中村秀明 (株)CSK 小野 正樹
 山口大学工学部 正会員 宮本文穂 山口大学大学院 学生員 河村 圭

1. はじめに

橋梁の維持管理に用いることのできる予算には限界があるため、現在、限られた予算を最大限に活かした効率的な維持管理計画を策定可能なシステムが注目を集めている。このような背景のもとで、本研究室では橋梁に対する包括的な維持管理支援システムである橋梁維持管理支援システム(Bridge Management System: 以下BMS)の開発を行ってきた¹⁾。

効果的な維持管理を行うためには、損傷を修復することはもちろん、損傷を発生させる劣化要因を抑制する維持管理対策を選定することが必要となる。そこで本研究では、BMSの一機能として、点検時に見られた損傷からその劣化要因を推定する劣化要因推定機能(以下:本機能)を構築し、BMSにおける維持管理計画策定時に有用な情報を示すことを図るものである。

2. 劣化要因の推定

2.1 ルールの分類:劣化要因推定機能では劣化要因に関する様々なルールを3つのカテゴリーに分類し、適宜用いることで劣化要因の推定を行っている。以下にそのカテゴリーを示す。

- ①「因果関係を示すルール」:劣化要因と損傷との因果関係を表すルールが分類される。このルールを因果ネットワークとして構成することで、劣化要因の推定を行う。
- ②「試験結果から劣化要因や損傷の真偽を判定するルール」:何らかの試験の結果や、対象橋梁が架設されている環境条件などを用いて劣化要因や損傷の進行状況を推定するルールが分類される。
- ③「損傷パターンから劣化要因を推定するルール」:損傷パターンによって劣化要因を推定するルールが分類される。

2.2 推論機構²⁾:推論機構は2.1節におけるパターン①および③のルールで構成した因果ネットワークを用いる。一例として、主桁における因果ネットワークを図1に示す。図中の囲みは事象を示している(丸囲みは劣化要因、四角囲みは損傷)。事象はその確からしさを示す確信度を持っており、0.0~1.0で表現される。矢印は事象を結びつけるルールを示している。ルールはプロダクションルールとして記述されており、ルールの確信度によって事象どうしの結びつきの強さが設定されている。

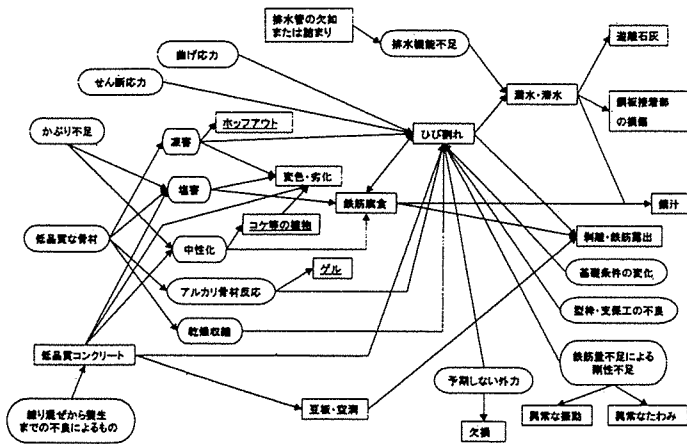


図1 主桁における因果ネットワーク

2.3 推論の流れ:劣化要因推定機能における推論は、図2に示す流れに沿って行われる。

手順1) 初期化处理, 点検データの入力

初期化处理として、全ての事象の確信度はNULL(空)とする。その後、ユーザーによって入力された全ての点検データと損傷ランクが事象に入力される。その際、入力された事象の確信度は、点検によって得られた事実であるため1.0として入力される。

キーワード: 橋梁, 維持管理, BMS, 因果ネットワーク, 劣化

〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16-1 TEL: 0836-35-9484 FAX: 0836-35-9484

手順2) 損傷パターンの有無の確認

③のルールに適合する損傷が存在する場合は、対応するルールの確信度を確信度の変更量に従って変更する。

手順3) ルールに従って確信度を更新

各事象のルールを参照し、事象の確信度を更新する。後件部の確信度は、前件部の確信度とルールの確信度の積として計算される。複数のルールにより同時に確信度の更新があった場合、最も高い確信度を用いる。

手順4) 更新された確信度はあったか?

因果ネットワーク内の事象全体で、一つでも確信度の更新があったかどうかのチェックを行う。更新があれば、手順3の判定に戻り、確信度の更新を続ける。更新がなければ、因果ネットワークが平衡状態になったものとして、手順5に進む。

手順5) 試験データによる確信度の更新

事象に②のルールが存在している場合は、その試験結果にしたがって確信度を更新する。試験結果が存在しない場合は確信度の更新は行われぬ。

手順6) 推論終了

手順5までを終えると、推論は終了する。その時の各事象の確信度の値が推論の結果である。確信度が0.0より大きく1.0より小さい事象(0.0 < CF < 1.0)は点検データから推論された事象である。事象が劣化要因である場合は、そのような劣化要因が作用している可能性を示しており、事象が損傷である場合は、そのような損傷が発生している危険性(もしくは損傷がこれから発生する危険性)を示す。

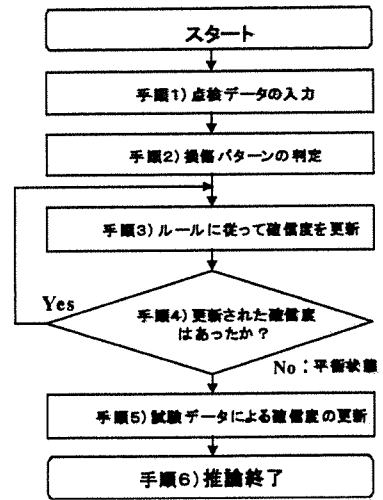


図2 推論の流れ

3. 実橋梁への損傷推移モデルの適用

本機能の出力の妥当性を検証するため、山口県下の5橋梁10スパンに対して実橋梁調査および専門家へのアンケートを行い、本システムからの出力と比較した。

劣化要因の推定結果の一例を表1に示す。表中の「A~D」は各専門家を表し、下の数字は専門家による回答を示している。専門家へのアンケートは5段階評価(1~5)で実施し、値が大きいほど強く考えられることを示している。「本システム」以下の数字は、本システムによる推論結果の確信度である。これを見ると、全体的に傾向がばらつき、専門家の間でも評価のずれが見られる。また、「排水機能不足」において専門家の多くが5または4と回答しており、強くその劣化要因が示唆されている。これに対して、本システムからの出力では0.90と、高い値を出力しており、比較的うまく推論しているといえる。

表1 「畑橋①」の推定結果(床版)の一例

劣化要因名	A	B	C	D	本システム
荷重などの力学的要因	3	2	2	3	0.60
練り混ぜから養生までの不良	2	2	3	2	0.14
配筋誤差	3	2	3	2	0.11
かぶり不足	3	3	2	2	0.04
鉄筋量不足による剛性不足	4	2	4	2	0.16
アルカリ骨材反応	2	2	1	3	0.16
塩害	3	2	1	3	0.10
中性化	2	3	1	4	0.10
凍害	3	3	1	3	0.16
低品質な骨材	3	2	4	3	0.14
排水機能不足	5	4	4	4	0.90
予期しない外力(事故地震等)	3	2	1	3	0.16
型枠・支保工の不良	3	2	1	3	0.16
基礎条件の変化	3	2	1	3	0.16

4. まとめ

- 劣化要因に関する様々なルールを3つのカテゴリーに分けて分類・整理する事で、因果ネットワークを構築し、劣化要因の推定、および損傷の危険性の推定を可能にした。
- 本機能の妥当性を検証するために、実橋梁調査および専門家に対するアンケート調査を実施し、本機能からの出力との比較を行った。

参考文献

- 山岡健一, 小野正樹, 中村秀明, 宮本文穂: Bridge Management Systemの実橋への適用と実用性の向上, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集第1部-A, pp534-535, 1998
- 三上市蔵, 田中成典, 土田貴敬, 北岸秀一: ネットワークモデルによる知識生成機能を持った診断型推論エンジン, 土木学会論文集, No.453/VI-17, pp41-50, 1992-9