

第I部門 事例ベース推論を用いた鋼道路橋疲労亀裂の補修方法の選定

関西大学工学部 正 員 三上市蔵 関西大学総合情報学部 正 員 田中成典
 関西大学大学院 学生員 前田秀典 東洋情報システム 正 員 米田慎二
 銭 高 組 正 員 ○島村敬一郎

1. まえがき 近年、橋梁の維持管理業務において、担当者の負担を軽減するような支援型エキスパートシステムの確立が望まれている。鋼道路橋の疲労亀裂の補修方法を選定するシステムとしては、三上・田中ら¹⁾による因果ネットワークモデルを用いたものがある。そこで扱われている知識は、過去の損傷事例から獲得された5項目(亀裂の外的要因、亀裂の内的要因、継手の作用力、亀裂様式、補修方法)からなる因果関係知識である。しかし、その5項目の属性にとどまらず、多くの属性を考慮して推論を行うことが望ましい。なぜなら、推論精度が向上するからである。ただし、多くの属性からなる知識を汎化なルールにすることは困難である。たとえ、ルール化できたとしてもルール間の整合性をとることは難しい。

最近注目されている事例ベース推論(Case Based Reasoning)^{2) 3)}では、事例から獲得した知識をそのまま扱うことができるため、ルール化する必要がなく知識獲得が容易である。そこで、本研究では、事例ベース推論を用いた鋼道路橋の疲労亀裂に対する補修方法の選定システムを構築する。

2. 事例データベース 過去に発生した鋼道路橋の疲労亀裂の事例を基に、図-1の属性に従って170件獲得した。事例の整理には、カード型データベースソフトCARD3+⁴⁾を使用し、事例データベースを構築した。三上・田中らのシステムで構築したデータベースと、本研究で構築した事例データベースとの内容の主な違いは、知識の細分化を図ったことである。たとえば、図-1に示すように、補修・補強では、補修方法を補修前処理、補修方法、補修後処理と補強方法に分類した。また、新たな属性として、橋梁概要では、橋梁名、架設年度、供用開始年度、損傷発見年度、経年数、地域特性、構造形式と補修歴を追加した。損傷箇所では、損傷位置、ブロック、サブブロック、損傷構造、損傷部材、部材、損傷部位、損傷方向と損傷規模を追加した。ただし、損傷要因では、亀裂の外的要因と内的要因を1つの属性として扱った。

3. 事例ベース推論システム 補修方法選定システムの構成を図-2に示す。本システムの核となる事例ベース推論部分は、推論エンジンと事例データベースとからなる。マンマシン・インターフェースは、GUI(Graphical User Interface)を用いたユーザフレンドリーなものを実現した。推論エンジンは、事例の検索機能と格納機能を有し

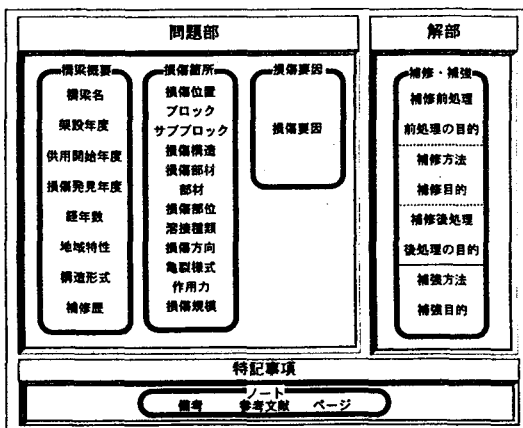


図-1 事例で考慮する属性

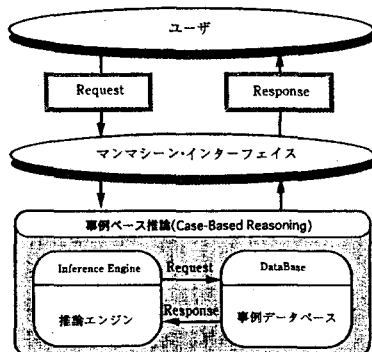


図-2 補修方法選定システムの構成

ている。事例データベースは、オブジェクト指向型データベースの機能を一部実現している。

本システムの流れを図-3に示す。まず、事例データを読み込み、課題の問題部を入力すると、事例データベースに対して抽象化照合と部分照合の手法を用いて検索が行われ類似解が表示される。検索過程を繰り返していきながら、検索結果の中から最適な解を選択し、解の妥当性の評価を行う。

4. システムの実行 1971年に亀裂が発生した向島大橋の場合を例にとって、システムの実行結果を表-1に示す。入力した属性値を課題欄に示す。課題と完全一致した属性値には網かけを施し、抽象化照合により一致した属性値には下線を施した。全ての属性を考慮して推論させた場合の類似度、すなわち類似度①の場合では、事例1~7の7つの事例が検索された。その解の中には、妥当でないと思われるものが何件か含まれている。重要な属性（表-1下線部）のみを考慮して推論させた場合の類似度、すなわち類似度②の場合では、事例4と7が検索された。重要な属性のみを考慮することにより、解を絞り込むことができた。この解は実際に行われた補修方法と同じである。なお、既存システム¹⁾の結果を既報の欄に示す。

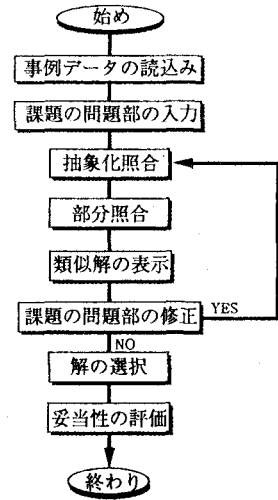


図-3 システムの流れ

5. あとがき 鋼道路橋の疲労亀裂に対する補修方法の選定システムを事例ベース推論の手法を用いて構築した。この事例ベース推論システムを用いて、実橋に対してシステムの妥当性を検証した。その結果、本システムの有用性を確認した。

表-1 実行例

事例	橋梁名	架設年度	供用開始年度	調査年度	経年数	地域特性	構造形式	補修部	補修位置	ブロック	サブブロック
1	I-480 Cuyahoga River 橋	1973	不明	1973	0~3	水辺	合成プレートガーダー橋	鋼	橋中央部	主桁	下側ウェブギャップ
2	I-480 Cuyahoga River 橋	1973	不明	1973	0~3	水辺	合成プレートガーダー橋	鋼	橋中央部	主桁	下側ウェブギャップ
3	I-480 Cuyahoga River 橋	1973	不明	1973	0~3	水辺	合成プレートガーダー橋	鋼	橋中央部	主桁	下側ウェブギャップ
4	不明	1980	不明	1981	0~3	水辺	鋼管溶接鋼橋	鋼	橋中央部	その他	吊材端部
5	不明	不明	不明	不明	不明	不明	合成プレートガーダー橋	鋼	不明	能動	主桁の横断取付部
6	Polk County 橋	1962	1963	1973	10~20	都市	プレートガーダー橋	鋼	橋支点部	主桁	ガセットプレートのスカーフアップ
7	不明	不明	1970	1983	11~15	不明	合成プレートガーダー橋	鋼	橋支点部	主桁	ガセットプレートのスカーフアップ
既報 ¹⁾	向島大橋	1968	不明	1971	0~5	不明	ランガー橋	鋼	橋中央部	主桁	吊材端部

補修前部	補修部材	部材	補修部位	溶接種類	補修方向 (溶接に対する)	亀裂形式	作用力	補修箇所	補修要因
主桁、主桁付加板	・	主桁腹板、垂直補剛材	溶接部	鋼内溶接	平行	d	T 梁平の作用力 3	小	軸送梁致荷重
主桁、主桁付加板	・	主桁腹板、垂直補剛材	溶接部	鋼内溶接	平行	d	T 梁平の作用力 3	小	軸送梁致荷重
主桁、主桁付加板	・	主桁腹板、垂直補剛材	溶接部	鋼内溶接	平行	d	T 梁平の作用力 3	小	軸送梁致荷重
吊材、吊材	・	吊材腹板、吊材フランジ	溶接部	鋼内溶接	平行	c	T 梁平の作用力 3	小	鋼による影響、吊力集中
主桁、主桁付加板	・	主桁腹板、ガセットプレート	溶接部	鋼内溶接	平行	d	T 梁平の作用力 3	小	応力集中、部外方向変形
主桁、主桁	・	主桁上フランジ、主桁腹板	溶接部	鋼内溶接	平行	c	T 梁平の作用力 3	中	部外方向変形、活荷重の作用
主桁、主桁	・	主桁腹板、ガセットプレート	溶接部	鋼内溶接	平行	d	T 梁平の作用力 3	中	活荷重の作用、応力集中
主桁、主桁付加板	・	主桁上フランジ、ガセットプレート	溶接部	鋼内溶接	垂直	f	T 梁平の作用力 2	不明	風による振動、応力集中
						f	T 梁平の作用力 2		風による振動、応力集中

補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部
補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部	補修前部

参考文献 1) 三上、三木、田中、土田：鋼橋疲労損傷の補修方法選定システムのための因果ネットワークによる推論手法、構造工学論文集, Vol. 36A, pp. 1003-1014, 1990. 3.

2) 佐藤：事例ベース推論、土木学会関西支部共同研究グループ「土木構造物の知識情報処理に関する調査研究」講演会資料, 1993. 7.

3) 三上・田中・米田：事例ベース推論を用いた橋梁形式選定システム、構造工学論文集, Vol. 40A, 1994. 3.