

事例ベース推論とルールベース推論を併用した 鋼橋疲労損傷の補修方法選定システムの推論結果の検討

関西大学工学部 フェロー 三上市蔵 関西大学総合情報学部 正会員 田中成典
東洋情報システム 正会員 前田秀典 関西大学大学院 学生員 〇小林篤司

1. まえがき 著者らは、鋼道路橋の上部構造に発生する疲労亀裂の補修方法を選定するための知識ベースエキスパートシステムを、事例ベース推論 (CBR: Case-Based Reasoning) とルールベース推論 (RBR: Rule-Based Reasoning) の知識情報処理技術を併用して構築¹⁾した。本研究では、このシステムを実橋の損傷事例に適用し、得られた推論結果を検討して、システムの妥当性を評価する。

2. 補修方法選定システム 本システム¹⁾は、図1に示す検索プロセスを持っており、このプロセスを使うことで疲労損傷の現象 (課題) を入力すれば推論結果として対策 (補修・補強方法) が得られる。その流れは、まず課題に対して、事例データベースを検索して結果①を得る。次に、結果①から疲労損傷の原因を抽出して、事例データベースを再度検索し結果②を得る。また、課題に対してルールベースを適用して原因を推測し、それに対して事例データベースを検索して結果③を得る。最後に、推測された原因に対してルールベースを再度適用して結果④を得る。これら結果①～④から最終的に推論結果が得られる。

3. 実行例 文献1)では本システムを2橋の損傷事例に対して実行したが、さらに4橋の損傷事例に対して実行した。実行例として、I-480 Cuyahoga River 橋の損傷事例²⁾に適用した結果を表1に示す。この橋は、架設中に下側ウェブギャップにおいて、主桁腹板と垂直補剛材の溶接部から、主に主桁腹板に亀裂が発生した。本システムは、表1の課題欄 (網かけ部) に示す入力項目に対して、CBRの検索プロセスを使って類似事例1～19を得た。しかし、RBRの検索プロセスからは推論結果は得られなかった。実橋では、亀裂の進展防止のためにストップホールが施され、グラインダ仕上げされた。表1から分かるようにほとんどの事例で補修方法「ストップホール」が推論されている。したがって、RBRプロセスによって満足する解が得られない場合でも、CBRプロセスによって妥当な結果が得られることがわかった。

4. 推論結果の検討 6橋に対する本システムの実行結果をまとめると、表2のようになる。表中の記号は、○: 実際の対策が全て推論された場合、◎: 実際の対策が全て推論され、さらに他の妥当と思われる対策が得られた場合、△: 実際の対策が得られたが、結果が十分とはいえない場合、×: 満足する推論結果が得られなかった場合を表す。

ケース1ではCBRプロセスによって妥当な対策が推論されたが、実橋で採用された補強方法「腹板ギャップの増大」が得られなかった。しかし、その補強方法はRBRプロセスによって得られており、CBRプロセスの結果を補填した。よって総合評価は○とした。ケース2ではCBRプロセスとRBRプロセスの両方から実際の対策が推論された。特にCBRプロセスによって、他の妥当と思われる対策も導くことができたので、判定は◎、総合評価も◎とした。ケース3では、CBRプロセスとRBRプロセスの両方から妥当な推論結果が得られた。ケース4, 5では、RBRプロセスから得られた推論結果は十分とはいえない。しかし、CBRプロセスによって妥当な結果が

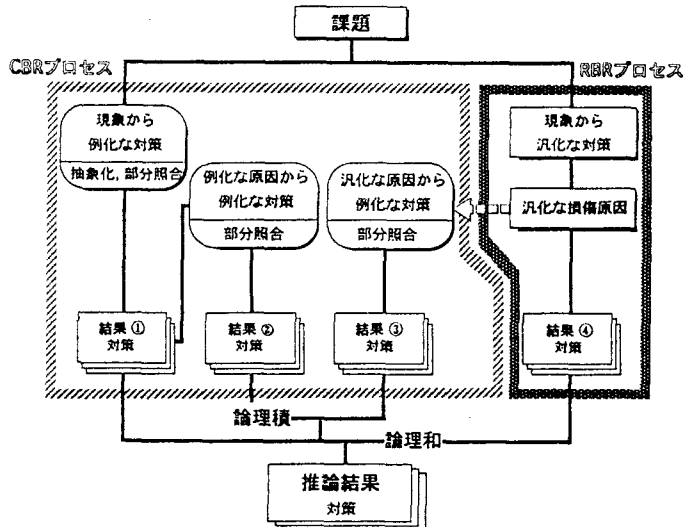


図1 システムの検索プロセス

表1 I-480 Cuyahoga River 橋の適用事例

属性 事例	現象／橋梁概要							現象／損傷箇所			
	橋梁名	国名	架設年	供用開始年	損傷発見年	経年数	地域特性	構造形式	損傷位置	ア・ロック	サブ・ア・ロック
1	I-480 Cuyahoga River橋	米国	1973	不明	1973	0～5	水辺	合成プレートガーダー橋	橋中央部	主桁	主桁の垂直補剛材取付部
2	Poplar Street橋	米国	1971	不明	1975	0～5	水辺	合成プレートガーダー橋	負ノット域	主桁	横桁と主桁の連結部
18	Prairie Du Chien橋	米国	1973	1974	1979	0～5	水辺	タイドアーチ橋	橋中央部、 負ノット域	横桁	横桁と主桁の連結部
19	橋梁名不明	米国	不明	不明	不明	不明	不明	格子非合成プレートガーダー橋	橋中央部	主桁	横桁と主桁の連結部
RBR											
課題	I-480 Cuyahoga River橋	米国	1973	不明	1973	0～5	水辺	合成プレートガーダー橋	橋中央部	主桁	下側ウェブギャップ

属性 事例	現象／損傷箇所					現象／損傷状態				原因／損傷要因		
	損傷部位	損 傷 構 造	部 材	損傷部位	溶接種類	損傷方向	亀裂様式	損傷規模	補修歴	外的要因	内的要因	作用 力
1	溶接部	主桁、主桁付加板	主桁腹板、垂直補剛材	主桁腹板	溶肉溶接	溶肉溶接	平行	d	小	無	輸送架設荷重	2次応力 T継手の作用力①
2	溶接部	横桁、主桁	主桁腹板、垂直補剛材	主桁腹板	溶肉溶接	溶肉溶接	垂直	a	中	無	F ₁ /4の不適合、 面外方向変形	2次応力の 応力集中 T継手の作用力②
⋮												
18	溶接部	主桁、横桁付加板	主桁腹板、垂直補剛材	主桁腹板	溶肉溶接	溶肉溶接	平行	d	中	無	2次的変形	2次応力 T継手の作用力③
19	溶接部	主桁、主桁付加板	主桁上フランジ、垂直補剛材	主桁腹板	溶肉溶接	溶肉溶接	平行	b	小	無	活荷重の作用	2次応力 T継手の作用力③
RBR												
課題	溶接部	主桁、主桁付加板	主桁腹板、垂直補剛材	主桁腹板	溶肉溶接	溶肉溶接	平行	d		無	輸送架設荷重	2次応力 T継手の作用力①

属性 事例	対策／補修方法						対策／補強方法		確信度
	補修前処理	前処理目的	補修方法	補修目的	補修後処理	後処理目的	補強方法	補強目的	
1			放置	進展性の無					0.50
2			ストップ・エッチ	進展防止			ストップ・エッチ	連結部の柔軟化	0.50
18			ストップ・エッチ	進展防止	グラウト	表面の平滑化			0.33
19	グラウト	亀裂部の除去	ストップ・エッチ、再溶接	進展防止、原形復旧					0.33
RBR									
課題			ストップ・エッチ	進展防止	グラウト	表面の平滑化			

得られたので、総合評価は○とした。ケース6ではCBRプロセスとRBRプロセスの両方から妥当な補修方法が得られたが、妥当な補強方法が得られなかったで、個々の評価も総合評価も△とした。実橋では、横桁と主桁フランジの連結処理が補強方法として採用されている。

以上の検討結果から、CBRプロセスの結果をRBRプロセスが補完したり、RBRプロセスの結果をCBRプロセスが裏付けることが分かり、CBRとRBRを併用させれば、単独の推論手法を使ったシステムより望ましい推論が実行できることが確認できた。

5. あとがき CBRとRBRを併用した鋼道

路橋の疲労亀裂のための補修方法を選定するシステム¹⁾を6橋の損傷事例に対して適用した結果、本システムの妥当性が確認できた。今後、事例データベースとルールベースを充実すれば、より正しい推論結果が得られるシステムに成長させることができる。

参考文献 1) 田中・三上・前田・小林：事例ベース推論とルールベース推論を併用した鋼橋疲労損傷の補修方法選定システムの開発，構造工学論文集，土木学会，Vol.41A，1995。 2) Fisher(阿部・三木訳監修)：鋼橋の疲労と破壊－ケーススタディー，建設図書，1987。

表2 推論結果の検討

ケース	課題として入力した損傷事例	推論結果の検討			
		CBR プロセス	RBR プロセス	総合	
1	Polk County橋 ¹⁾	横桁と主桁の連結部において、主桁腹板と垂直補剛材の溶接部に亀裂	△	△	○
2	向島大橋 ¹⁾	吊材取付部において、ガセットプレートと主桁フランジの溶接部に亀裂	◎	○	◎
3	Gulf Outlet橋	タイ材の継手部分において、ピンプレートの隅肉溶接部に亀裂	○	○	○
4	I-480 Cuyahoga River橋	下側ウェブギャップにおいて、主桁腹板と垂直補剛材の溶接部に亀裂	○	×	○
5	Yellow Mill Pond橋	カバープレート取付部において、主桁下フランジとカバープレートの溶接部に亀裂	○	△	○
6	Poplar Street橋	横桁と主桁の連結部において、主桁腹板と垂直補剛材の溶接部に亀裂	△	△	△