

鋼道路橋の疲労亀裂に対する対策を
選定するためのRBRとCBRの3つのシステムの比較検討

関西大学工学部 フェロワー 三上市藏 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 ○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対策を選定するための知識ベースエキスパートシステムを構築^{1)~3)}してきた、この3つのシステムはそれぞれ推論機構が次のように異なっている。まず、ルールベース推論(RBR: Rule-Based Reasoning)手法のみを用いた場合¹⁾、次に、事例ベース推論(CBR: Case-Based Reasoning)手法のみを用いた場合²⁾、最後に、CBRとRBRを併用した場合³⁾である。本研究では、各システムを実橋の損傷事例に適用して、推論結果を比較検討し、各推論機構の特徴を明確にするとともに、CBRとRBRを併用したシステム³⁾の有効性を検討する。

2. 対策選定システム 著者らは、RBR手法を用いたシステム¹⁾、CBR手法を用いたシステム²⁾、CBRとRBRを併用したシステム³⁾を開発した。RBRシステム¹⁾の推論手順を図1に示す。ここでは、入力された課題(損傷要因と亀裂様式)から、ルールベース(因果関係)が適用され結果(対策)が得られる。次に、CBRシステム²⁾の推論手順を図2に示す。ここでは、入力された課題(橋梁概要、損傷箇所、損傷状態と損傷要因)から、類似した事例を事例データベースより検索し、対策を推論する。このシステムには、適切な損傷要因を入力する必要があるため、初級技術者にとっては困難な作業が発生した。最後に、CBR & RBR併用システム³⁾の推論手順を図3に示す。ここでは、入力された課題(橋梁概要、損傷箇所と損傷状態)から、まずCBRプロセスが稼働し、事例データベースが検索され、結果①(対策)が得られる。そして結果①から損傷要因を抽出し、それを用いて事例データベースを再検索して、結果②(対策)を得る。結果③は、RBRプロセスから得られた損傷要因を用いて、CBRプロセスを再適用して得られたものである。最後に、結果④は、RBRプロセスから得られたものである。最終的に、結果①~④に対して類似度に基づいて解を絞り込み、推論結果とする。したがって、3番目のシステム³⁾は、自動的に損傷要因を推定して、対策を推論することができる。

3. 推論結果 5橋の損傷事例を適用した場合、表1に示すような実行結果を得た。表中の記号は、◎:実際の対策が全て推論され、その上結果に妥当性がある場合、○:実際の対策が全て推論された場合、△:実際の対策が不足している場合、×:実際の対策が得られなかった場合を表す。

ケース1では、RBRシステム¹⁾とCBRシステム²⁾は、妥当な補修方法を推論できたが、補強方法である「腹板ギャップの増大」を推論できなかった。一方、CBR & RBRシステム³⁾は、CBRプロセスにおいてCBRシステム²⁾と同様な対策が推論され、RBRプロセスにおいてCBRシステム²⁾で得られなかった補強方法「腹板ギャップの増大」が推論された。CBRプロセスの推論結果が補填されたので、判定は○とした。

ケース2では、RBRシステム¹⁾は、妥当な対策が高い可能性で得られなかったため、判定は×とした。また、CBRシステム²⁾も、実橋に適用された対策を推論できなかったため、判定は×とした。CBR & RBRシステム³⁾は、実橋に適用された対策を推論し、さらにCBRプロセスから同じ目的をもつ妥当な対策も推論したため、判定は◎とした。

ケース3, 4では、RBRシステム¹⁾、CBRシステム²⁾、CBR & RBRシステム³⁾によって妥当な対策が推論されたので、判定は○とした。ケース5では、RBRシステム¹⁾は、補修方法「ピーニング」と補強方法「腹板ギャップの増大」を高い

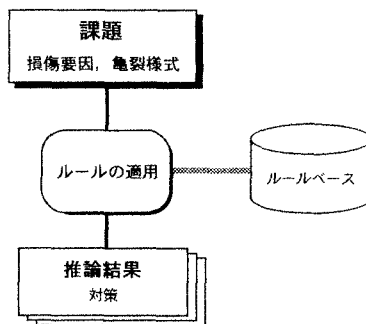


図1 既存のRBRシステム¹⁾

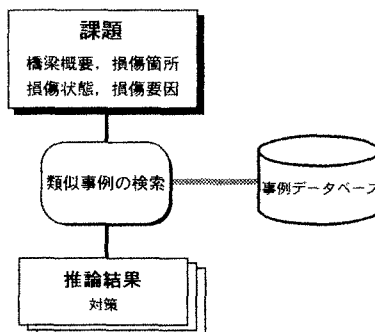


図2 既存のCBRシステム²⁾

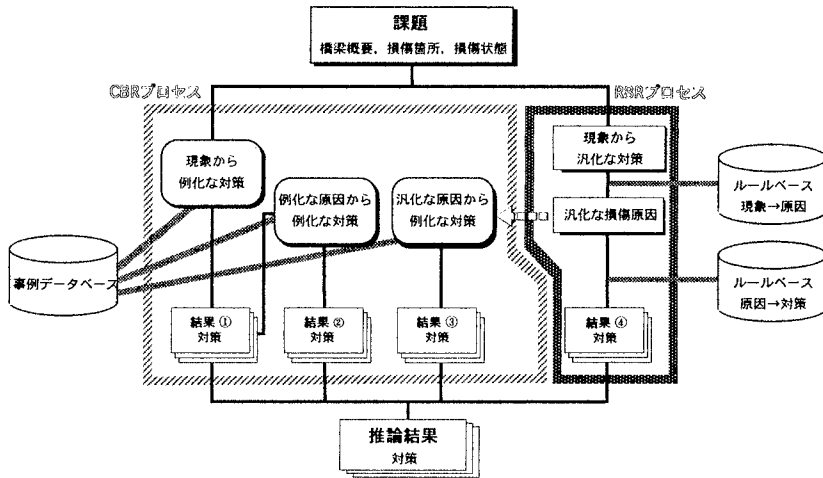


図3 CBRとRBRを併用したシステム³⁾

表1 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		
		RBRシステム	CBRシステム	CBR & RBRシステム
1	Polk County 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	△	△	○
2	向島大橋 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	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	○	○	○
5	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	△	○	△

◎：実際の対策が全て得られ、その上結果に妥当性がある場合
○：実際の対策が全て得られた場合
△：実際の対策が不足している場合
×：実際の対策が得られなかった場合

可能性で推論できなかったため、判定は△とした。CBR システム²⁾は、妥当な対策を推論した。しかし、CBR & RBR システム³⁾は、妥当な補修方法を推論したが、補修方法「横桁と主桁フランジの連結」を推論できなかったため、判定は△とした。

4. 考察 RBR や CBR を単独で用いたシステム¹⁾²⁾よりも、併用したシステムの方がより望ましい推論が実行されることが確認できた。また、RBR システム、CBR システムでは適格な損傷要因を課題として入力しなければならない。この損傷要因を入力するのは困難であるから、自動的に損傷要因を推論する CBR & RBR システム³⁾の方が有効である。CBR & RBR システム³⁾は、CBR プロセスが解空間を覆いきれない場合でも RBR プロセスによって解を得られたり、CBR プロセスの推論結果を RBR プロセスが裏付けることが分かった。

5. あとがき RBR システム¹⁾、CBR システム²⁾、CBR & RBR システム³⁾を5橋の損傷事例に対して適用し、その結果を比較検討した。また、CBR と RBR の併用システムが望ましい推論を実行できることが確認できた。

参考文献 1) 三上・田中・倉地・米田：鋼橋疲労損傷の補修方法選定システムにおける類推推論と負の学習の実現，構造工学論文集，Vol.38A，1992。 2) 田中・三上・前田：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システム，第2回ファジィ土木応用シンポジウム講演論文集，1994。 3) 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，Vol.41A，1995。