

I - 377

鋼道路橋疲労亀裂の補修方法選定のための
事例ベース推論システムの推論結果の検討

関西大学総合情報学部 正会員 田中成典
 関西大学工学部 正会員 三上市藏
 関西大学大学院 学生員 ○前田秀典

1. まえがき 鋼道路橋の疲労亀裂に対する補修方法選定システムには、三上・田中ら¹⁾による因果ネットワークモデルを用いた知識ベースシステムがある。このシステムでは、過去の損傷事例から得られた5つの属性（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）の因果関係知識を用いている。しかし、補修方法の選定においては、これら5つの属性に限定せず、さらに多くの属性を考慮して知識ベースを構築することが望ましい。ただし、多くの属性からなる知識を用いて、汎化な知識ベース（ルール）を作成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。

近年注目されている事例ベース推論（Case Based Reasoning）²⁾³⁾は、事例から獲得した知識をそのまま取り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、著者らは、事例ベース推論の手法を用いた補修方法選定システム⁴⁾の構築を行った。本研究では、過去の補修事例に対して、このシステムを実行した推論結果を検討し、システムの妥当性を評価する。

2. 事例ベース推論システム 本システムは、事例データベースと推論エンジンとから構成されている。事例データベースは、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件の事例データを獲得した。そこでは、問題部の属性として、架設年度、構造形式などの橋梁概要に関する属性、損傷位置、損傷部位などの損傷箇所に関する属性、亀裂の外的要因、内的要因を含めた損傷要因に関する属性、解部の属性として、補修方法、補強方法などの補修・補強に関する属性に分類し、知識を細分化している。

推論エンジンは、事例の検索機能と格納機能を有しており、事例検索では、抽象化照合と部分照合の手法³⁾を用いて検索を行う。

3. システムの実行例 1978年に亀裂が発生した Gulf Outlet 橋の場合を例に採ると、推論結果は表1のようになる。ここで、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、事例1～9の9つの推論結果が得られた。この時の類似度を「類似度①」に示す。次に、重要な属性（表1の下線付き属性）のみを考慮して推論させた場合、事例10～12の3つの推論結果が得られた。この時の類似度を「類似度②」に示す。

4. 推論結果の検討 表1の推論結果に対して検討する。まず、全ての属性を考慮して、システムを実行させた推論結果（類似度①）では、ストップホール、再溶接、ピーニングなどの補修方法が導出された。Gulf Outlet 橋の場合、ストップホールが、補修方法として採用されている。事例2、4と7では、ストップホールが推論

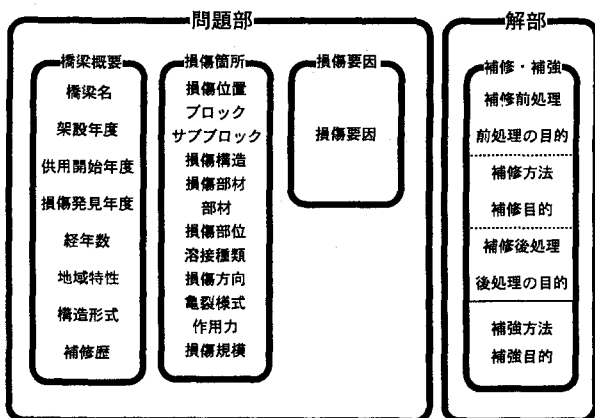


図1 事例で考慮する属性

表1 実行結果の一例

属性事例	橋 梁 名	架設年度	供用開始年度	損傷発見年度	経年数	地盤特性	構 造 形 式	補修歴	損 傷 位 置	加力	リファクタ
1	不明	1965	不明	1981	16~20	不明	ア-ガ橋	無	不明	毛の能	*
2	Lafayette Street橋	不明	1968	1975	6~10	水辺	フルトガナ橋	無	橋中央部	主桁	*
3	不明	1968	不明	1982	11~15	不明	合成フルトガナ橋	無	不明	対橋脚	*
4	Praire du Chien橋	1973	1974	1979	0~5	水辺	リファクタ橋	無	橋中央部、負モーメント域	橋脚	橋脚リファクタ
5	Yellow Mill Pond橋	1957	1958	1970	11~15	水辺	格子合成フルトガナ橋	無	支点付近	主桁	主桁のフルト取付部
6	Yellow Mill Pond橋	1957	1958	1973	16~20	水辺	格子合成フルトガナ橋	有	支点付近	主桁	主桁のフルト取付部
7	不明	1980	不明	1981	0~5	水辺	リガ橋	無	橋中央部	毛の能	吊材端部
8	Cuyahoga River橋	1973	不明	1973	0~5	水辺	合成フルトガナ橋	無	橋中央部	主桁	下側リファクタ
9	不明	1965	不明	1981	16~20	水辺	ア-ガ橋	無	不明	毛の能	*
10	不明	不明	不明	不明	不明	不明	リガ橋	無	橋中央部	毛の能	ア-ガ取付部
11	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	無	不明	主桁	主桁の橋脚取付部
12	不明	不明	不明	不明	不明	不明	不明	無	不明	主桁	主桁と橋脚の交差部
観 照	Gulf Outlet橋	1965	1965	1978	11~15	水辺	リファクタ橋	無	橋中央部	その他	*

属性事例	損 傷 構 造	損傷部材	部 材	損傷部位	溶接種類	損傷方向	亀裂様式	作用力	損傷規模	損 傷 要 因
1	補剛桁、補剛桁付加板	*	補剛桁下フランジ、フルトフルト	溶接部	隅肉溶接	垂直	不明	T継手の作用力①	小	リファクタの不適合
2	主桁、橋桁	*	フルトフルト、垂直補剛材	溶接部	フルト溶接	平行	g	T継手の作用力②	小	溶接不良
3	対橋脚付加板、対橋脚付加板	*	フルトフルト、上支材	溶接部	隅肉溶接	平行	不明	重ね継手の作用力③	小	橋の配作用
4	橋桁、リガナ付加板	*	橋桁腹板、橋桁上フランジ	溶接部	隅肉溶接	平行	b	T継手の作用力④	中	活荷重の作用
5	主桁、主桁付加板	*	主桁下フランジ、フルトフルト	溶接部	隅肉溶接	平行	i	重ね継手の作用力⑤	大	溶接不良、活荷重の作用
6	主桁、主桁付加板	*	主桁下フランジ、フルトフルト	溶接部	隅肉溶接	平行	i	重ね継手の作用力⑥	小	溶接不良、活荷重の作用
7	吊材、吊材	*	吊材腹板、吊材フランジ	溶接部	隅肉溶接	平行	c	T継手の作用力⑦	小	風による振動、応力集中
8	主桁、主桁付加板	*	主桁腹板、垂直補剛材	溶接部	隅肉溶接	平行	d	T継手の作用力⑧	小	輸送架設荷重、2次応力
9	ア-ガ、付加板	*	ア-ガ、フルトフルト	溶接部	隅肉溶接	垂直	c	T継手の作用力⑨	中	リファクタの不適合
10	ア-ガ、橋桁付加板	*	ア-ガ、垂直補剛材	溶接部	隅肉溶接	平行	d	T継手の作用力⑩	小	リファクタの不適合
11	橋桁、橋桁	*	橋桁腹板、橋桁上フランジ	溶接部	隅肉溶接	垂直	f	T継手の作用力⑪	小	溶接不良
12	橋桁、橋桁	*	橋桁腹板、橋桁上フランジ	溶接部	隅肉溶接	平行	d	T継手の作用力⑫	小	溶接不良
観 照	箱断面リガナ、箱断面リガナ	*	リガナ腹板、リガナフランジ	溶接部	隅肉溶接	垂直	不明	不明	小	溶接不良

属性事例	補修前処理	前処理の目的	補修方法	補修目的	補修後処理	後処理の目的	補 強 方 法	補 強 目 的	類似度①	類似度②
1			①結合に変更						0.50	-----
2			ストップホール	進展防止	リファクタ	表面の平滑化			0.44	-----
3			再密接	原形復旧					0.44	-----
4			ストップホール	進展防止					0.42	-----
5							高力棒を用いた溶接板		0.42	-----
6			ピンニング	亀裂部分の除去					0.42	-----
7	リガナ	溶接ビートの除去	ストップホール	進展防止	リファクタ	表面の平滑化	ケールによる吊材相互の緊結	振動特性の改善	0.41	-----
8			放置	進展性の無					0.41	-----
9			①結合に変更						0.41	-----
10			ストップホール	進展防止			ア-ガフランジと橋桁の連結、腹板リファクタの増大	強度の向上	-----	0.50
11			ストップホール、再密接	進展防止、原形復旧	リファクタ、ピンニング	表面の平滑化、面外変形の軽減			-----	0.50
12			ストップホール、再密接	進展防止、原形復旧	リファクタ、ピンニング	表面の平滑化、面外変形の軽減			-----	0.50
観 照	リファクタ	表面の平滑化	ストップホール	進展防止						

結果として得られたが、その他の事例(1, 3, 5, 6, 8, 9)では、ストップホールが推論結果として得られなかった。これは、補修方法を選定する上で、直接影響を及ぼさないとと思われる架設年度、供用開始年度などの属性の一致度が大きかったため、適切な推論結果以外も多数推論されたと考えられる。そこで、補修方法の選定に大きな影響を及ぼすと思われる重要属性を試行錯誤的に捜し、システムを実行させたその推論結果(類似度②)は、全てにストップホールが含まれている。推論に用いる属性を選ぶことで、妥当な推論結果が得られることがわかる。

5. あとがき 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選定システムを実行して、推論結果を検討した。重要属性を用いて、推論を行うと妥当な推論結果が得られることがわかった。今回、重要属性は、試行錯誤的に決定したが、本来は専門家の知識が必要である。今後、属性の重みを決めて推論を行い、解の精度を向上を図る。

参考文献 1) 三上・田中・倉地：構造工学論文集, Vol.37A, pp.655-668, 1990.3. 2) 小林：人工知能学会誌, Vol.8, No.1, pp.26-36, 1993.1. 3) 三上・田中・米田：構造工学論文集, Vol.40A, pp.593-604, 1994.3. 4) 三上・田中・前田・米田・島村：関西支部年次学術講演会講演概要, 1994.5.