

I-154 道路橋RC床版の損傷要因推定のためのネットワーク推論システム
ーシステムの実行と評価ー

関西大学工学部 正会員 三上 市藏
（株）東洋情報システム 正会員 田中 成典
関西大学大学院 学生員 ○土田 貴敬

1. まえがき 別報¹⁾で、RC床版の損傷要因を推定する知識構造をネットワーク化し、推論エンジンを構築した。本報では、このシステムを実行し、その有効性を評価する。

2. システムの実行と評価 構築したESに対し、表-1に示すような事象を与え、推論を実行させる。推論結果となる損傷要因とそのデータ構造を表-2に示す。

(1) ケースA

縦横方向のひび割れと遊離石灰の流出がハンチ部付近において認められ、適用示方書は昭和39年6月、輪荷重の通行位置は支間1/4付近である。このケースに関する事象を入力すると図-1に示すようになる。推論を実行し、推論された損傷種類を表示させると、図-2のようになる。前システムによる推論結果を図-3に示す。図-2において、「鉄筋腐食」が可能性を持つ仮説としてリストアップされているが、これは、図-3における「鉄筋腐食」の確信度が低いことから妥当な結果である。損傷要因に関する推論結果を表示させると、図-

表-2 損傷要因に関する仮説とデータ構造

	損 傷 要 因	デ ー タ 構 造
荷 重 等	① 過大な輪荷重の作用	(損傷要因 荷重1 (過大輪荷重))
	② 衝撃作用	(損傷要因 荷重2 (衝撃作用))
	③ 輪荷重通行位置と支持桁位置の関係	(損傷要因 荷重3 (通行位置))
設 計 ・ 構 造 上	④ 床版厚不足による剛性不足	(損傷要因 設計構造4 (床版厚不足))
	⑤ 鉄筋量不足による剛性不足	(損傷要因 設計構造5 (鉄筋量不足))
	⑥ 配力鉄筋量の不足	(損傷要因 設計構造6 (配力鉄筋量不足))
	⑦ 主鉄筋の曲げ上げ位置の不適性による鉄筋量の不足	(損傷要因 設計構造7 (主鉄筋位置))
	⑧ 主桁が拘束するための乾燥収縮による引張応力	(損傷要因 設計構造8 (主桁拘束))
	⑨ 主桁の不等沈下による付加曲げモーメント	(損傷要因 設計構造9 (主桁沈下))
	⑩ 連結げた橋、アーチ系橋梁等で、載荷状態における床版の負の曲げモーメント、引張力の作用	(損傷要因 設計構造10 (負曲げ引張))
	⑪ 荷重分配機構の有無	(損傷要因 設計構造11 (荷重分配機構))
	⑫ コンクリートの低品質	(損傷要因 施工12 (低品質))
	⑬ 打設時における冬場の凍結影響	(損傷要因 施工13 (凍結))
施 工 上	⑭ 養生の施工不良	(損傷要因 施工14 (養生施工不良))
	⑮ 施工打継目の処理不十分	(損傷要因 施工15 (施工打継目))
	⑯ 配筋の誤差	(損傷要因 施工16 (配筋誤差))
	⑰ かぶり不足	(損傷要因 施工17 (かぶり不足))
	⑱ 気象作用による凍結、融解等の影響	(損傷要因 その他18 (気象作用))
そ の 他	⑲ 塩分	(損傷要因 その他19 (塩分))
	⑳ 表面排水の良否	(損傷要因 その他20 (表面排水))

fact	positive	(目視損傷 ひびわれC (縦横方向))
fact	positive	(目視損傷 不純物流出H (遊離石灰))
fact	positive	(損傷場所 ハンチ部)
fact	positive	(示方書 昭和39年6月)
fact	positive	(輪荷重 支間1/4付近)

表-1 推論実行ケースの事象

	ケースA	ケースB
目視できる損傷	ひびわれ	c 縦横方向
	剥離	
	不純物の流出	h 遊離石灰
鉄筋露出		h 遊離石灰
損傷場所	ア ハンチ部	エ 桁端部
適用示方書	い 昭和39年6月	い 昭和39年6月
輪荷重通行位置	β 支間1/4付近	

図-1 仮説の初期状態【ケースA】

necessity hypo	positive	(損傷種類 ひびわれ2 (縦横方向))
necessity hypo	positive	(損傷種類 剥離11)
necessity hypo	positive	(損傷種類 ひびわれ6 (貫通))
necessity hypo	positive	(損傷種類 ひびわれ3 (縦横方向))
possibility hypo	positive	(損傷種類 鉄筋腐食15)
necessity hypo	positive	(損傷種類 鉄筋露出14)
necessity hypo	positive	(損傷種類 遊離石灰流出10)
possibility hypo	positive	(損傷種類 鉄筋露出12 (かぶり不足))

図-2 推論された損傷種類【ケースA】

4 になる。これと前システム²⁾の推論結果とを図-5に比較する。図中の縦軸には、文献2)と同様に確信度がとられている。本システムにおいては、確信度は定義されていないが、比較のため、推論結果として得られた様相で「NECESSITY-HYPO」が与えられた場合には1.0を与え、同様に「HIGH-POSSIBILITY-HYPO」,「POSSIBILITY-HYPO」,「LOW-POSSIBILITY-HYPO」に対してそれぞれ0.75, 0.50, 0.25を与えた。本システムにおける推論結果が、あいまいさを含んだ様相の値により得られていることを考慮すると、グラフの形はほぼ一致しているといえる。前システムと比較して、損傷要因②, ⑧, ⑨, ⑪, ⑬, ⑮が否定されているが、前システムにおいて、確信度の集計にベイズ確率を用いたために、リストアップされたものであり、比較的に仮説を肯定する立場に立ったシステム構築がなされたためである。

(2) ケースB

ケースAとは、損傷場所が桁端部である点が異なっている。損傷要因の推論結果を図-6に示す。このケースでは前システムと最も似通った結果が得られた。本システムにおいて、損傷要因③よりも損傷要因⑬がピックアップされているのは、損傷場所が桁端部であることから妥当な結果であるといえる。

3. あとがき システムを実行した結果、前システムにおける推論結果よりも明確な推論結果を得た。確信度を用いると、不必要な結果がリストアップされる可能性があるが、本システムにおいては、様相の値を用いたことにより、必要な結果と不必要な結果が合理的に推論された。

参考文献 1) 三上・田中・土田：土木学会年次学術講演会，1990。2) 三上・松井・田中・新内：構造工学論文集，Vol.34A，土木学会，pp.551-562，1988.3。

推論結果は以下のとおりです
0.65 (RC-TENKEN-ES%縦横方向のひびわれ)
0.55 (RC-TENKEN-ES%貫通ひびわれ)
0.51 (RC-TENKEN-ES%格子状のひびわれ)
0.51 (RC-TENKEN-ES%亀甲状のひびわれ)
0.50 (RC-TENKEN-ES%縦横方向のひびわれ)
0.50 (RC-TENKEN-ES%遊動石灰流出)
0.50 (RC-TENKEN-ES%漏水)
0.50 (RC-TENKEN-ES%鉄筋露筋)
0.10 (RC-TENKEN-ES%鉄筋腐食)

図-3 前システムによって推論された損傷種類【ケースA】

necessity-hypo	positive	(損傷要因 その他20 (表面排水))
necessity-hypo	positive	(損傷要因 施工17 (かぶり不足))
possibility-hypo	positive	(損傷要因 施工16 (配筋誤差))
possibility-hypo	positive	(損傷要因 施工15 (かぶり不足))
possibility-hypo	positive	(損傷要因 施工14 (養生施工不足))
possibility-hypo	positive	(損傷要因 施工13 (凍結))
possibility-hypo	positive	(損傷要因 施工12 (低品質))
possibility-hypo	positive	(損傷要因 設計構造10 (負荷引張))
necessity-hypo	positive	(損傷要因 設計構造7 (主鉄筋位置))
necessity-hypo	positive	(損傷要因 設計構造6 (配力鉄筋不足))
necessity-hypo	positive	(損傷要因 設計構造5 (鉄筋量不足))
necessity-hypo	positive	(損傷要因 設計構造4 (床版厚不足))
necessity-hypo	positive	(損傷要因 荷重3 (通行位置))
necessity-hypo	positive	(損傷要因 荷重1 (過大荷重))

図-4 損傷要因の推論結果【ケースA】

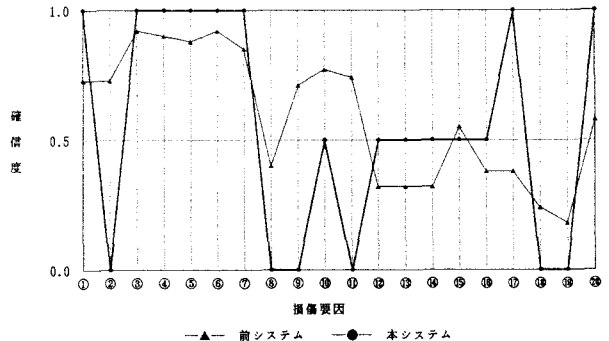


図-5 推論結果の比較【ケースA】

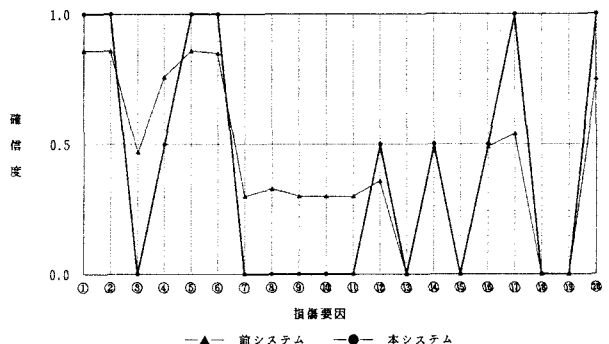


図-6 推論結果の比較【ケースB】