

エキスパートシステム構築用ツールを利用した

コンクリート橋診断システム開発の一例

神戸大学工学部	正会員	宮本 文穂
神戸大学工学部	正会員	西村 昭
神戸大学大学院	学生員	山口 裕史
神戸大学工学部	学生員	○本間 一郎

1. はじめに

現在、道路は人々の暮らしに完全に密着したものとなっており、整備された道路網がなくては生活を維持していくことすらできないと言っても過言ではない。その道路の基幹となるのが橋梁であり、言い替えれば、橋梁も日々の暮らしから切り離せないものである。このような状況下で橋梁の安全性も取りざたされ、橋梁の維持・管理が社会的問題となってきた。その維持・管理という作業は知識、経験の豊富な専門技術者によって行われているのが現状であり、専門技術者自身が確立している評価システムに基づいた主観的な判断に頼るところが大きい。このようにある意味での工学的意志決定にはエキスパートシステムが有利に適用できる。本研究は、コンクリート橋の診断過程で、専門技術者の判断が要求される場合を想定し、その判断をサポートするためのシステム開発を目的とする。この目的のため、市販のエキスパートシステム構築用ツール「COMEX」（富士電機(株)社製）を用いて、コンクリート橋診断エキスパートシステムを構築し、その有効性を3橋の実橋試験によって検証した例を示す。

2. コンクリート橋診断エキスパートシステムの構築

エキスパートシステムを構築する際、最も重要な点は、専門技術者の知識・経験を収集し、それをいかにシステム内の知識ベースに移植するかである。知識ベースの質の高さが、実用性のあるエキスパートシステムを構築する鍵となる。本研究では、兵庫県土木部等に所属する実際に橋梁の管理および設計に携わる技術者の協力を得、橋梁診断についての専門家の経験、知識を収集するため、アンケート調査を行なった。アンケート調査は、各質問項目毎に0～100点の評価点を記入する形式をとるものとし、特に、25点はdanger（ほぼ危険と評価できる要因である）、75点は safe（ほぼ安全と評価できる要因である）、50点は moderate（これといって良くもなく悪くもなく普通（の状態）である）というように規定した。実際の質問は、橋梁の状態を提示し、これについての評価を回答してもらうものである。

システムの核となるCOMEXの知識ベースの基本構造を図1に示す¹⁾。図に示すように、COMEXの知識構造は大きく分けて所見、中間仮説、クライテリアフレーム、結論仮説の4つの部分で構成されている。クライテリアフレームは、個々の所見や中間仮説からどのように結論仮説を導くかを示す判断ルールである。これはCOMEXの知識表現で最も特徴的な部分であり、またシステム内の推論部の中核部分である。ここで、結論仮説を導くための判断基準を、結論仮説に対する確信の強さによって区別して与えている。確信の強さは、「きつと（確定）」、「多分（疑い）」、「おそらく（可能性）」というレベルに分けられており、並べた順に確信の強さが低下する。アンケート調査から得られた専門技術者の知識・経験は、このクライテリアフレームに移植される。

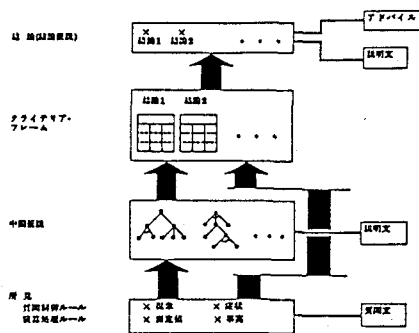


図1 COMEXにおける知識の構造

3. システムの適用例とその有効性の検証

従来より、本研究室では既存橋梁に
対して、専門技術者へのアンケート調
査及び橋梁の耐用性評価のための現
場試験を行ってきた。ここでは、その
結果と比較、検討することにより、本
システムの有効性を検証する。

対象とした橋梁は、「桜橋」、「前野橋
」、「対田橋」で、その概要を表1に示す。

この3橋に対し、本システムを適用し
た診断結果の一例を表2～4に示す。まず、「桜橋」では、「耐荷
性」と「耐久性」で、「おそらくdanger」と推論されているよう
に、後述の「前野橋」及び「対田橋」と比較すると、健全度は低
く評価されている。一方、「前野橋」については、健全度はか
なり高いと推論されている。この中で、「鉄筋の腐食ひびわれ」に
関する評価がdanger側によっているのは、そのひびわれの最大
幅が1.0mm以上あると入力したことが大きく影響しているもの
と思われる。次に、「対田橋」についてみると、これも健全度は高
いと推論されている。個々の判定項目について「前野橋」の診
断結果と比較すると、相対的に健全度は低いと思われる。すな
わち、「曲げひびわれ」及び「鉄筋の腐食ひびわれ」に関して、「
前野橋」と異なり、dangerと推論されている。これは、「前野橋」
同様、ひびわれの最大幅が1.0mm以上あること、また、「曲げ
ひびわれ」部分で、コンクリートの欠落が見られることが影響
しているものと思われる。

以上のような診断結果を検討するため、専門技術者による
現橋の目視に基づくアンケート調査により得られた3橋に対
する評価結果の一例を図2に示す。これより、健全度は「前
野橋」が最も高く、「対田橋」、「桜橋」の順に低く評価されて
いるのがわかる。このように目視によるアンケート結果から、
本システムによる診断結果は、ほぼ妥当なものであると言える。
同様のことが、別途実施した現場載荷試験結果からも確かめら
れている。

4. まとめ

本研究は、市販のエキスパートシステム構築用
ツール「COMEX」を利用したコンクリート橋診断シ
ステム構築の一例を示し、その有効性を3橋の現
場実橋試験との比較を通して検討したものであ
る。これより、本システムは細部にわたる評価に
は限界があるものの、概略評価結果には妥当性があることが明
かとなった。

参考文献 1) 富士ファコム制御(株): COMEX HAND BOOK

表1 桜橋および前野橋、対田橋の橋梁概要

橋梁名	桜 橋	前 野 橋	対 田 橋
所在地	兵庫県使用郡三日月町(本郷川)	兵庫県出石郡但馬町出合市場	兵庫県美方郡供飯町
路線名	国道179号線	国道428号線	国道178号線
橋 長	21.84m (支間割: 2@10.9)	45.80m (支間割: 5@9.16)	49.00m (支間割: 5@9.8)
橋 員	6.75m	5.50m	5.50m
架設年度	昭和8年(同43年拡張)	昭和8年	昭和25年
適用示方書	大正15年(2等橋)	大正15年(2等橋)	昭和14年(2等橋)
構造形式	上部: RC-T 単純桁 (5 主桁)	上部: RC-T 単純桁 (4 主桁)	上部: RC-T 単純桁 (3 主桁)
	橋台: 重力式 直接基礎	橋台: 重力式 直接基礎	橋台: 重力式 直接基礎
	橋脚: 逆T式 直接基礎	橋脚: 逆T式 直接基礎	橋脚: 重力式 直接基礎

表2 桜橋の主桁についての診断結果

判定項目	safe	moderate	danger
設 施 供 用 状 態	計 工 お そ ろ く 多 分	多 分 き つ と	
曲げひびわれ せん断ひびわれ 鉄筋の腐食ひびわれ		多 分	多 分 き つ と
主桁の全体的損傷 主桁耐荷性 主桁耐久性	お そ ろ く	お そ ろ く 多 分	き つ と お そ ろ く
主桁耐用性		多 分	

表3 前野橋の主桁についての診断結果

判定項目	safe	moderate	danger
設 施 供 用 状 態	計 工 お そ ろ く 多 分	多 分	
曲げひびわれ せん断ひびわれ 鉄筋の腐食ひびわれ	お そ ろ く	お そ ろ く	お そ ろ く
主桁耐荷性 主桁耐久性	お そ ろ く	お そ ろ く	
主桁耐用性	お そ ろ く		

表4 対田橋スパン3の主桁についての診断結果

判定項目	safe	moderate	danger
設 施 供 用 状 態	計 工 多 分 お そ ろ く 多 分	き つ と	
曲げひびわれ せん断ひびわれ 鉄筋の腐食ひびわれ			き つ と 多 分
主桁の全体的損傷 主桁耐荷性 主桁耐久性		お そ ろ く お そ ろ く	多 分
主桁耐用性		お そ ろ く	

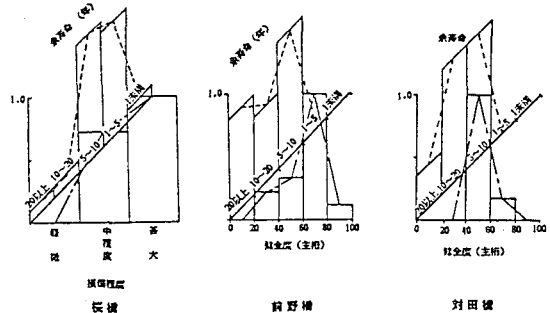


図2 健全度評価に関するアンケート調査結果