

V-71

コンクリート橋管理支援システムの開発

神戸大学大学院 学生員○木村 英幸 神戸大学工学部 正 員 宮本 文徳
神戸大学工学部 正 員 西村 昭 日本道路公団 正 員 山口 裕史

1. まえがき

本研究は、今後ますます重要性が増すと考えられる橋梁の維持管理を合理的に行なうため、「調査」→「診断」→「補修、補強」という橋梁維持管理の流れの核となる診断及び診断結果に基づいて管理者が策定する処置に関する意志決定をサポートする「コンクリート橋管理支援システム」の開発を、コンクリート橋診断エキスパートシステムと橋梁管理データベースとをリンクさせることにより行なったものである。

2. コンクリート橋診断エキスパートシステムの開発

コンクリート橋診断エキスパートシステムの構築にあたり、推論機構(推論プロセス)と同様に重要となるものが専門家の有する知識、経験の収集法と知識、経験をベースとした人間の持つ主観的あいまいさの取扱い法である。本研究では、専門家に対するアンケート調査によって知識の収集を行い、知識ベースの知識表現に、Dempster & Shafer 理論における基本確率の考え方を導入し、これによって主観的あいまいさを取扱うことにした¹⁾。

本システム内における推論の流れは、図1に示す通りである。まず、橋梁諸元、環境条件、交通量といった基本的なデータから、順次必要とする所見を入力していき、知識の検索ルールに従い、所見を参照しながらそれぞれの条件に対応した基本確率が知識ベースより検索される。次いで、検索された基本確率をプログラム内に事実節と同様の形でアサートし、この繰り返しによって、推論プロセスにおける最下層の一つ上位に位置する要因(goal)の基本確率を決定して行く。これが前向き推論といわれるものである。全てのルールに対する同様の動作を行い、全ての要因(goal)に所見を満たす適当な基本確率が割り当てられると前向き推論は停止し、後向き推論にバトンタッチされる。後向き推論では、階層の上位ゴール(sub goal)の推論に必要な最下層の一つ上位に位置する要因(goal)が検索され、それらに与えられている基本確率が統合されて新しい事実説としてアサートされると同時に評価値が計算され、評価結果として出力される。最後に、final goalとして設定されている耐用性を、その下位ゴールである耐久性及び耐荷性両者の基本確率をもって評価し、最終診断結果として出力する。

3. コンクリート橋管理支援システムの概要

上述の「コンクリート橋診断エキスパートシステム」は、橋梁診断の専門家に代わり、橋梁の耐荷性、耐久性、耐用性を判定するものである。これを、コンクリート橋管理支援システムに発展させるためには、現在供用されている莫大な数の橋梁のデータを管理し、管理者の要求に答え即座にデータ

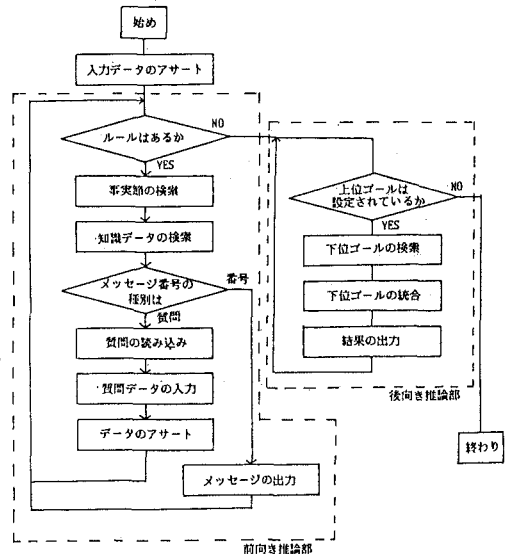


図1 エキスパートシステムにおける推論の流れ

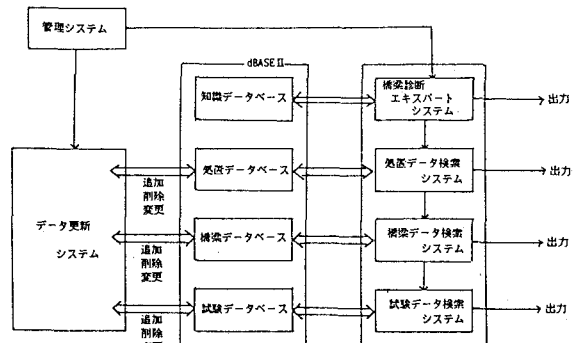


図2 コンクリート橋管理支援システムの概要

を提供するデータベースとのリンクが不可欠である。本研究では、開発したエキスパートシステムによる出力結果が確定値をとらずあいまいさを含んでいる点を考慮し、このようなあいまいさをデータ内および検索内に含むように設計されたファジーリレーショナルデータベース(Fuzzy Relational Data Base:FRDB)の手法の適用を試みた。

このように、「コンクリート橋管理支援システム」では、「コンクリート橋診断エキスパートシステム」の診断結果を基に、FRDBの手法を用いて橋梁管理者がとるべき最良の処置を選択可能なように処置例の検索及び出力を行う。そして、条件にあった橋梁に対する処置例のみならず、橋梁データベースの持つ橋梁に関する各種データ及び試験データの持つ過去の試験結果等を出力する。本システムの作業範囲はここまでで、以後の補修・補強の判断は管理者に任せることとし、この判定結果もまた、データベース内に蓄積されていくものとする。本システムの概要を図2に示す。

4. コンクリート橋管理支援システムの実行例

本システムを「対田橋」スパン2¹⁾の診断及び処置の検索に適用した例を以下に示す：表1に、コンクリート橋診断エキスパートシステムへの初期入力データの一例を、また、表2に診断結果の一例を示す。この診断結果より、床版耐用性は、“slightly safe”である可能性が大きく、主桁耐用性は、ほぼ完全に“slightly danger”であることがわかる。これは、別途実施した同橋に対するアンケート調査の結果によく符合している。この診断結果を基に、処置の検索を行った結果の一例が表3である。この場合、“可能性測度0.8以上”、“否定測度0.7以下”、検索の程度は“近似的 (APPROXIMATELY)”で検索を行なったものであり、「福田橋」が無処置とされたことの出力とともに検索された橋梁(福田橋)に対する各種データを出力し、技術者の判断のためのデータを提供するものとなっている。

5. あとがき

本研究は、橋梁の耐用性診断結果の出力のみならず、診断結果に基づいて実行するすべき処置例の出力が可能な「コンクリート橋管理支援システム」の開発を、エキスパートシステムの手法を適用して行なったものであり、今後データベースの充実など多くの課題があるが、一連のシステム化の手順が確立されたものと考えている。

参考文献

- 宮本、西村、山口、本間：コンクリート橋診断システム構築におけるアンケート調査の利用、第10回コンクリート工学年次論文報告集、1988.6
- 山本、宮本、西村、西垣：コンクリート橋の安全性に及ぼす構造系変更の影響、土木学会第43回年次学術講演会講演概要集、第5部、1988.10

表1 「対田橋」の初期入力データの一例

橋梁名	対田橋	架設箇所	港湾・海岸地区
橋長	4.8m	幅	寒冷地でない
主桁数	5	版	凍結されにくい
主桁スパン	3.3m	配	小さい
主桁断面	9.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	上	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	勾	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	配	小さい
主桁断面	3.8m	号	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	面	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	上	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	面	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	勾	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	配	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	号	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	上	小さい
主桁断面	3.8m	面	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	上	小さい
主桁断面	2A'21 1'4'6cm	勾	小さい
主桁断面	2A'22 1'6'7cm	配	小さい
主桁断面	2A'23 1'5'5cm	号	小さい
主桁断面	3.8m	上	小さい
主桁断面	1.6'7'5m	面	小さい
主桁断面	2A'		