

BMC 橋梁エキスパートシステムの試行

センチュリリサーチセンタ(株)

○早田 光利

J R 北海道旭川支店

大槻 正幸

(株)橋梁メンテナンスコンサルタント(BMC)

堀口 哲夫

1. まえがき

近年、土木構造物に関する投資に占める維持・管理・修繕の比率が高まるにつれて、その経費の節減と既存構造物の有効な活用が重要な課題となりつつある。その対策として、既存構造物の実態把握を十分に行い、適切な取り替え計画をたてたり、適切な維持・管理・補修を行い耐用年数の延長をはかることによって、トータル的に life cost を最小にしようとする努力が行われている。同時に、安全性や利便性の向上、運賃等利用料金の低減化など、最近特に高まりつつある利用者側のニーズに沿った構造物の管理についても、各機関で研究が重ねられている。

しかし、そのためには各構造物の実態を十分に把握し、それに基づいた構造物の評価を適切に行って、対応策をたてていく必要があるが、このような実務を実施して行くのに十分な専門的かつ経験豊富な知識と技術力を兼ね備えた技術者が大幅に不足しているのが現状である。

このような背景から、これら技術者の養成と、技術者の行う実作業に対し十分サポートできるエキスパートシステムの開発を進めて行くことにした。

2. システムの全体計画

本システムは、鋼道路橋および鋼鉄道橋の維持・管理業務を支援するためのシステムで、図-1にシステムの全体構成とエキスパートシステム部の各サブモジュールを示す。

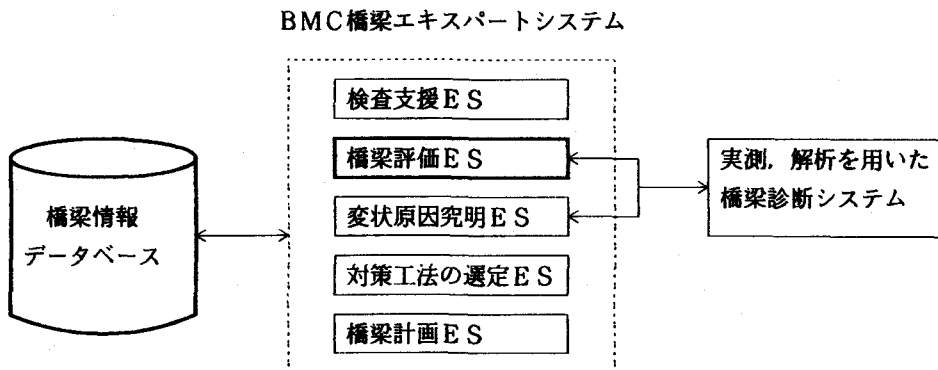


図-1 システムの全体計画図

本報告書は、このうち、橋梁に生じた損傷を評価しランク付けをする処理を例にとり、知識工学的手法の適用可能性、および現行のエキスパートシステム構築用支援ツールの適用の可能性について、検討を加えた事例報告である。

3. 橋梁評価エキスパートシステム

3. 1 鋼橋の維持管理における評価

鋼橋の維持管理における評価項目は以下の4項目に大別することができる。

- (1)損傷に対する評価
- (2)健全度（耐力、耐久性）に対する評価
- (3)使用性（利便性）に対する評価
- (4)構造物が周囲に与える影響の評価

今回の開発は、このうちの(1)の損傷に対する評価部分のモジュールについて行ったものである。

このモジュールは、鋼橋に発生した損傷に対し、その損傷の程度を評価ランク分けし、対策の程度や時期を示すもので、鉄道橋の場合は、図-2に示す検査手順のうちの判定部で利用できるものである。なお、今回、報告したシステムは、主に鋼鉄道橋の事例¹⁾を参考として開発している。

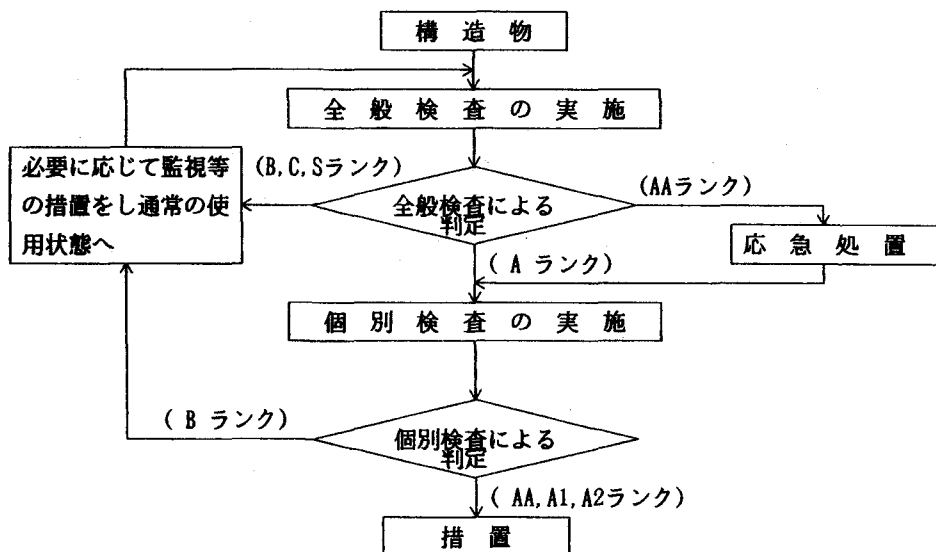


図-2 構造物の検査手順

図-2で用いられている判定区分を表-1に示す。

表-1 健全度判定区分

判定区分	運転保安等に対する影響	変 状 の 程 度	措 置
AA	危 険	重 大	直ちに措置
A1	早晚脅かす 異常外力の作用時危険	変状が進行し、機能 低下も進行	早急に措置
A2	将来脅かす	変状が進行し、機能 低下のおそれ	必要な時期に 措置
B	進行すればAランクに なる	進行すればAランク になる	監視（必要に 応じて措置）
C	現状では影響なし	軽 微	重点的に検査
S	影 響 な し	な し	

3. 2 システムの構成

本システムは、パソコンとエキスパートシステム構築用ツール Personal Consultant Plus ⁴⁾を用いて開発した。特に、イメージスキャナを使用して図面を画像データとして取り込み、質問に対する解答の選択を行う場合の指針を視覚的に与えることができ、部材の名称が特定できなくても図面から判断し

て診断作業を続けることができるように考慮されている。システムの主な構成を表-2に示す。

表-2 システム構成

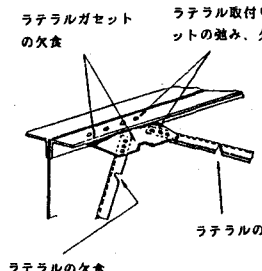
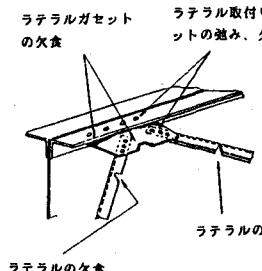
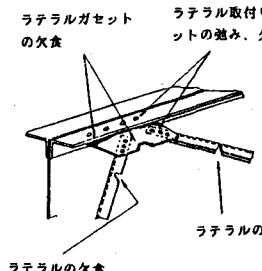
ハードウェア	ソフトウェア
パソコン NEC PC-9801VM	OS MS-DOS Ver 3.1
増設メモリ 2MB専用RAMボード	言語 Lisp (PC Scheme)
外部記憶装置 20MBハードディスク	エキスパートシステム構築ツール
ディスプレイ装置	Personal Consultant Plus
プリンタ装置	グラフィックエディタ
イメージスキャナ	

3.3 知識ベースの構築

本研究では、参考文献1でまとめられた全般検査健全度判定例をもとに知識ベースの構築を行った。この判定例は、長年の経験によって蓄積された知識であり、このような変状の状況から構造物の健全度（損傷度）を判定することは、従来のアルゴリズムで記述する数値計算的手法で取り扱うことは一般には困難であり、知識工学的手法を適用することが有効であると考えた。表-3に全般検査健全度判定例を示す。

表-3 全般検査健全度判定例

〔 構造 : 上路プレートガーダー (リベット構造) 〕

部 材	変 状	確 認 項 目	判 定 基 準	判 定 例
ラテラル	・ラテラルガセットの欠食		(ガセットの欠食) ・力の伝達に支障のあるもの	A ₁
	・ラテラルの欠食		・現段階では力の伝達に支障のないもの	B
	・ラテラル取付リベットの逸み、欠食		(山形鋼の欠食) ・桁端で著しく欠食したもの	B
	・ラテラルの破断		・中間部で欠食したもの	C
ラテラル	・ラテラル取付リベットの逸み、欠食		(ラテラルリベットの逸み、欠食) ・桁端付近で逸みの出たもの (全数)	A ₁
	・ラテラルの欠食		・桁端付近で逸みの出たもの (一部)	B
	・ラテラルの破断		・中間部で逸みの出たもの (全数)	A ₂
	・ラテラルの破断		・中間部で逸みの出たもの (一部)	C
ラテラル	・ラテラルの破断		(ラテラルの破断) ・破断	A ₁

損傷に対する鋼橋の評価に関する知識は、断片的な規則や事実の集まりで構成されるため、これらの知識を用いて効率よく結論を導くため、ここでは知識表現にプロダクションルールを採用した。

さらに、橋梁に生じた損傷を評価しランク付けする処理は、典型的な診断型エキスパートシステムと見なすことができるため、診断型エキスパートシステムの推論方法に採用されて実績のある後ろ向き推論を採用した。

3. 4 システムの実行例

図-3に、本システムを実行したときの画面に表示される質問事項および診断結果の例を示す。

4. 今後の評価および検討課題

エキスパートシステムにおける評価は、多くの事例から検証することが必要である。

今後、橋梁情報データベースや実測や解析に関する橋梁診断システムから得られるデータを活用し、より実用性の高いものにするとともに、本システムのデリバリーシステムをラップトップパソコン上で稼働させ、直接、橋梁の検査をしている現場で診断作業を行うフィールドテストも予定している。フィールドテストを行うことによって、ヒアリングだけでは不可能だった現場に密着した橋梁の診断に関する知識の収集が可能になるばかりでなく、より洗練された知識ベースを構築するために大きな役割を果たすことが期待される。

本システムの開発を通して、今後の課題および方向をまとめると以下の通りである。

- (1)現在の知識ベースは、マニュアルから得られた浅い知識をもとに構築されているが、今後、橋梁の構造や機能に関する知識、すなわち深い知識を組み込むことによって、知識の対象領域の拡大と知識の質的向上を進める必要がある。
- (2)損傷の程度等は、単純に定量化しにくい情報が多く、今後、ファジィ論理を導入することにより、あいまいな情報でも有効に利用できるようにする必要がある。
- (3)橋梁情報データベースと橋梁診断システムとの関係を密にすることにより、相互に高度利用できるシステムとして成長させる必要がある。

5. おわりに

最後に、本システムの開発にあたり、鋼橋に関する知識の提供と多大なご協力を頂いた財団法人総合技術研究所の阿部允氏および杉館政雄氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：建造物保守管理の標準（案）同解説 鋼構造物，1987.3.
- 2) 稲葉紀昭，阿部允，堀口哲夫，岩本哲之，川口克己：鋼橋診断システムの開発（その1 鋼鉄道橋への適用），共和技報，No.358，1987.12.
- 3) 三木千寿，坂野昌弘，館石和雄，福岡良典：鋼橋の疲労損傷事例のデータベースの構築とその分析，土木学会論文集，第392号，pp.403-410，1988.4.
- 4) CRC(株)：Personal Consultant Plus 日本語ユーザーズマニュアル，1987.7.

どの橋梁の健全度を診断しますか？

全橋梁
上線プレートガーダーリベット橋梁
上線プレートガーダー溶接橋梁
下線プレートガーダーリベット橋梁

どの部材の健全度を診断しますか？

主桁
補剛材
対縁橋
ラテラル

ラテラル

ラテラルガセットの欠食
ラテラルの欠食
ラテラル取付けリベットの緩み
ラテラルの破断

ラテラル取付けリベットの緩み、欠食

ラテラルの欠食度合いを選択して下さい？

桁端で著しく欠食したもの
中間部で欠食したもの

Conclusions: _____

健全度判定 は次の通り: C

** End - RETURN/ENTER to continue

図-3 画面表示例