

日本鋼管(株) 正員 橋本 光行
 京都大学工学部 正員 白石 成人
 京都大学工学部 正員 古田 均

1. まえき 近年の大型自動車交通量の飛躍的な増加、あるいは構造材料の経年的な劣化に伴い、既存橋梁構造物には完成当時予測できなかった様々な損傷を受けていることが指摘されている。これらの既存橋梁の構造安全性を保持していくためには、その修繕・架替に費用は莫大であるために、いかに維持管理を合理的に行うかが非常に重要な課題となつてきている。合理的な維持管理システムを作り上げるためには、これらの橋梁の損傷度あるいは健全度を適確に把握する必要がある。ところがこの損傷度評価は、十分なデータが乏しいことや、損傷メカニズムが複雑なために決して容易ではない。本研究では、専門家と呼ばれる技術者の知識を集積し、推論により、解答を導く知識工学の手法を構造物の損傷度評価に適用することを試み、これまであいまいのために捨てられていた経験や直観的ないわゆる定性的な情報をも有効に利用できる手法を提案する。

2. プロダクションシステムの損傷度評価への適用 構造物の損傷度をどのように評価するかという問題に対して現在までに種々の手法が提案されている。筆者らもこれまで数量化理論や9基準分析等の統計的手法にファジィ理論を組み合わせていることにより構造物の損傷度評価法を提案してきた¹⁾。しかしながら、橋梁構造物は各々異なる立地条件や構造特性を持つ。このために、十分な量の有意な統計データを集めることが非常に困難であること、また総合的に判断された結果の根拠が不明確であることなどの問題点が表われた。そこで本研究では、構造物の損傷度を評価するために専門家からの知識をコンピュータにルール(規則)という形で蓄え、それを適宜組み合わせ推論を実行して最終的な解を得るという手法を採用する。この手法は通常プロダクションシステム(以下、PSと略す)と呼ばれ²⁾³⁾、専門家と呼ばれる技術者がこれまで経験や直観あるいは工学的判断を基にして最適ではないにしても何らかの有用な決定を行ってきたという事実に基づきおいており、その専門家の頭の中にある意志決定(判断・決断・診断)のプロセスをできる限り抽出して、それをコンピュータに移植することにより、汎用的な形でしかも誰にも利用できることを目的としたものである。このような知識工学的アプローチでは、いかにして専門家の知識を獲得し、その知識をいかに忠実に、しかも効率的に利用しやすい形で表現することが重要である。PSではこの知識を「If～(前提部), then…(結論部)」で表現されるルールで書かれている。

PSは次の3つの基本要素から構成される。

- ① データベース 事実に関するデータが蓄えられている部分。
- ② ルールベース データベースのデータを置き換える牌に使うルール群。各ルールをプロダクションルールという。
- ③ インタープリタ これらの知識を利用して推論を実行する部分。これらの図1のように結合されており、インタープリタはデータベースの内容に基づいてルールの前提部を評価し、もし条件が満足したならルールの結論部を実行し、データベースを更新するという操作を行う。よく知られているPSの特徴として次のものが挙げられる。1)個々のルールは分り易く、作り易い。2)ルールの変更、追加が容易である。3)システムが結論を得るで用いたルールをたどることによって、なぜそのような結論に到達したかを説明することができる。

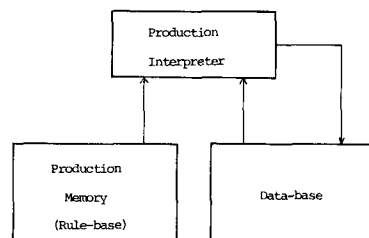
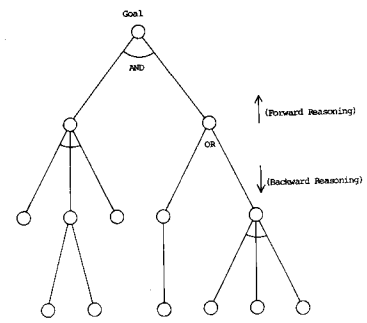


図1 プロダクションシステム

3. プロダクションシステムを用いたRC床版の損傷度評価例 ここでは特に近年その損傷が問題となつて

いる鋼道鉄橋の鉄筋コンクリート床版に注目し、簡単なルールを作成することによりその損傷度の診断法につい

て説明する。床版の損傷度を評価するためには次のような情報が有効である。⁴⁾ ①構造諸元など（構造特性、設計荷重、床版の支持条件、床版の諸元及び飾装） ②床版の状態（ひびわれの状態、その他の外観的特徴） ③外的条件（路面の状態、交通荷重の状態、気象条件等） ④その他（過去の補修履歴等） このような調査項目を基に専門家はどのように判断し、損傷の判定を行っているかを考えこみると、一般には次のように考えらる。すなわち、上述したような調査データを最初から全部使って一挙に最終判定に到達するのではなく、まずある部分からいくつかの仮説（評価）を考える。もしデータと仮説の間に何らかの矛盾がでてくれば、その仮説から次の仮説に切り、同様の過程を行い、二回以上繰り返しながら最終目標（損傷度判定）に到達するのである。PSは下位の部分目標と、観察や実験などから得られた評価すべき構造物に関する情報から上位の部分目標、あるいは最終目標と推論する小知識を表現するのに都合の良い方法であるといえる。すなわち、専門家から得られた小知識を「If～, then…」のルールで表現し、それをルールベースに蓄えておくことは図2の AND/OR ツリーを構成することに相当する。



2 AND/OR ツリー

いまRと床版の損傷度を評価するために、表1に示されるようなルールが専門家より得られたとする。（ここでは最終的に床版の損傷度を5段階に分けることを目標とする。）これらはルールベースに蓄えられており、必要に応じて呼び出される。またある床版パネルに関して、表2のような調査結果が得られたとする。これはコンピュータに入力情報として読み込まれ、データベースに蓄えらる。この入力情報に基づき、損傷度判定のプロセスを開始すると、インタープリタの働きにより Rule 1-1, 1-2, …… が順次呼び出される。この場合は入力情報で Rule 2-1 の前提条件を満足するのでこのルールが適用され、結論部が実行され、ひびわれ状況が“severe”という情報がデータベースに加えられる。さらに Rule 2-7 が適用され、この床版パネルの損傷度の判定結果は“severe”であると導かれる。このようにインタープリタの働きによりルールが順次呼び出され、入力情報との整合性からその適用の可否が決定される。もし条件を満たしたならば、推論が実行されてデータベースが順次書き換えられる。満足しないならば推論は実行されず、次のルールが呼び出される。このような操作を繰り返していくことにより部分問題が順に評価され、最終的に一つの結果、すなわち損傷度の判定に導かれることになる。

表1 Rと床版ルール群（一部）

Rule No.	If (もし～ならば)	then (～がある)
r 1-1	床版に陥没	損傷度: destructive
r 1-2	床版に浮き落ち (1.0cm以上)	損傷度: destructive
r 1-3	床版に破損	損傷度: destructive
r 2-1	ひびわれ形状: 亀甲状 ひびわれ間隔: 小さい (0.3m以下) ひびわれ幅: 大きい (0.1-0.2mm) ひびわれ密度: 大きい (5.0 m/m ² 以上)	ひびわれ状況: severe
r 2-2	ひびわれ状況: severe 角落ち: 大きい	損傷度: destructive
r 2-3	ひびわれ状況: severe はく離: 大きい	損傷度: destructive
r 2-4	ひびわれ状況: severe 剥離が既発生: 大	損傷度: destructive
r 2-5	角落ち: 大きい はく離: 大きい	損傷度: severe
r 2-6	浮き落ち (1.0cm以下)	損傷度: severe
r 2-7	ひびわれ状況: severe 角落ち: ある あるいは はく離: ある あるいは 剥離が既発生: ある	損傷度: severe

表2 Rと床版調査データ

床版パネルNo.	No. 1
ひびわれ形状	亀甲状
ひびわれ幅	0.1mm 未満ほとんど
ひびわれ間隔	0.3 m
ひびわれ密度	4.11 m/m ²
その他	漏水: 少し 豆板, 空洞: 少し

4. あとがき 以上に述べたようにPSを用いることによって、従来専門家の知識に頼って行われていた損傷度評価が、ある程度の知識を持った人間による数種の情報だけで可能となり、専門家に代わってエキスパートシステム構築に役立つと思われる。特にPSはルールの追加あるいは削除に対して極めて柔軟で、徐々にルールを更新し蓄積していくことにより詳細な情報を考慮することができ、より信頼性の高い実用的な評価を得ることが可能になると思われる。

＜参考文献＞ 1) 橋本、白石、古田:土木学会第39回年報概要集, 1984.10 2) 石塚: システム制御, 1982.10
3) 辻井: 情報処理, 1979.8 4) 日本道路協会: 道路橋補修便覧, 1979