

I-395

「水力発電所導水路トンネル改修工法選定システム」の開発

東北電力株式会社 正員 柴田 一成
松本 敏雄
正員 吉田 紀之

1. まえがき

土木工学分野においては、時代の流れとして、既設構造物の保安全管理業務の重要性が増してきており、構造物を新しく建設する技術に加え、維持・管理・補修に関する技術の開発・向上が求められてきている。

当社の導水路トンネルは、老朽化が進んでおり、経年30年以上のものが全体の85%を占め、さらに導水路の総延長は、約640kmと膨大な長さを有している。このため、水力発電所を常に良好な状態に保ち、円滑で効率的な運転をするためには、導水路トンネルの点検・調査および改修工事は重要な業務となっている。これらの業務は、これまで豊富な経験と知識を持つ熟練技術者に委ねられてきた。

本システムは、熟練技術者の知識、経験(ノウハウ)を整理した「水力発電所導水路調査要領」および「水力発電所導水路改修工法の手引き」、改修工事実績の分析、ならびに熟練技術者からの聞き取り調査などを基に、AIを利用したエキスパートシステムとして開発したものである。

本システムを導入することより、技術者のレベルの違いによる個人差の排除、軽率な見落しの防止、業務の高度化・効率化が図られるものと考えている。

2. 改修工法選定

本システムは、調査した結果のデータを入力し、システム内で使えるデータ構造に変換する「データ生成部」と、データ更新、データ検索、診断実行を行う「推論実行部」から成り立っており、診断実行部の構造は右図に示すとおりである。

本稿では、本システムの主体をなす「改修工法の選定」部分について説明する。

「改修工法の選定」は、改修が必要と判定された場合に導水路の損傷程度および損傷の種類の組み合わせに応じ、適切な改修工法をシステムに組み込んだ15工法の中から選定するものである。

改修工法は、トンネルの覆工を根本的に改修する大工法と、各々の変状に対応する小工法に大別し、次のとおり工法の選定を行っている。

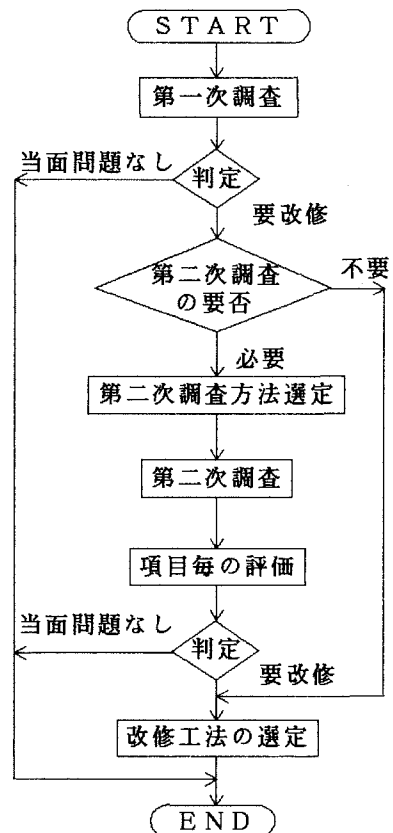
(1) 小工法選定の流れ

変状のうち、根本的な改修をする必要がないものに対しては、各々の変状に対応した小工法を用いる。

小工法は各々が独立した工法と考えられるため、どの変状にどの工法が対応するかをシステム内に知識として取り込み、各変状に対応した工法を組み合わせることにより、すべての変状をカバーする工法群を生成するものとしている。

(2) 大工法選定の流れ

大工法については、あらかじめシステム内に設定しておいた工法群の中から対象とする区間の損傷デー



診断実行部の構造図

タの分析に基づいて、最も適切なものを選択する方法をとっている。

最終的に複数の大工法が絞り込まれた場合は、優先順位を付けて表示する。順位付けは、工期（工事期間）、工費（工事費）、施工性（工事の難易度や安全性）および品質（外力への耐性）の4項目についての重みを設定し、確信度という指標で処理している。これらの重みは、すなわち、その工法の特徴を表現しているものであり、工法毎にフレーム構造で保持している。

大工法は多くの変状をまとめて改修することができるが、選択した工法が対象とした区間の変状全てをカバーできるかを知識ベースによりチェックし、カバーできない変状に対しては、小工法選定のルールに従って拾い上げ、併用工法として選択することとしている。

（3）確信度について

確信度とは、あいまいさを含む仮説が、どの程度確からしいかを表現するひとつの尺度であり、現在までに多くの診断型エキスパートシステムに用いられているものである。

確信度は、本システムでは-1以上1以下の実数で表わし、1は「絶対に確かである」ことを、-1は「絶対にありえない」ことを表わしている。

本システムにおいては、大工法選定の際に複数の候補が残った場合、工法ごとにシステム内部に設定した工期、工費、施工性および品質の4項目に対する重みと、工法選定の際にシステム使用者が設定する重み（4項目に対する重要度の考え方）を用いて確信度の計算を行い、工法の優先順位を決定している。これは、大工法の選定では小工法の場合と異なり、変状の種類に対応して決まるのではなく、むしろそれぞれの改修工法が持っている特性が選定に大きく影響すると考えたからである。また、システム使用者が、現場の特性を4項目の重み付けで考慮することができるよう配慮している。

確信度の計算には以下の2つの数を使用する。

①システム使用者が入力する重み（ X_j ）

システム使用者が、4項目に対して、どれを重視するか（どのような基準で工法を選定したいか。）を、1～10の整数を用いて入力するものである。重視する項目ほど点数を高く設定する。

本システムではシステム使用者が入力する重み付けには、次の3種類の方法を用意している。

i. 通常用いられる重みをそのまま設定する

ii. 1～10の数値を用いて重み付けを行う

iii. 階層分析法を適用して重み付けを行う

i. はシステム内に設定している重みをそのまま用いるものであり、ii. は1から10の数値を用いて4項目の重要度を評価するものであり、iii. は一対比較法とも呼ばれ、4項目のうち2項目づつをそれぞれ比較してどちらを重視するかを数字で評価するものである。初心者にはi. を選択することによりシステムが持っている知識を利用することができる。

②システム内に設定している重み（ W_{ij} ）

各工法の特性4項目に対する優位度を-1～1の実数で表わしたもので、「工法の手引き」および過去のデータ（昭和60年～平成元年の299例）をもとに、各工法間の整合を考慮して設定している。

3. システム環境

プログラムの記述は、知識表現・ルールおよび推論部にプロダクションルールとフレームシステムを使用している。

ハードウェアは富士通G150-model 30、ソフトウェアはC言語およびエキスパート構築支援ツールSUPER BRAINS/Cを使用している。

以 上