

立命館大学 正員 春名 攻
 大成建設（株） 正員 小林 隆志
 立命館大学大学院 学生員 〇竹林 弘晃

1. はじめに

近年、ダム建設工事を行う際には、周辺環境に与える影響を最小限に抑え、安全かつ迅速に、また経済的に高品質な構造物を構築するため、工事計画のマネジメントにおいても、さらなる高度な管理技術が要求されている。また、工事の高度化・多様化も進んでおり、専門技術者による判断を支援するシステムのニーズも高まっている。一方、エキスパートシステムなどを用いたAI技術の発展もめざましく多くの分野で適用事例が増加しており、土木分野にも有効な対応策として考えられる。そこで本研究では、さまざまな機種や組合せを要し、全体工事計画に多大な影響を与えるコンクリートダム工事の仮設備機械選定問題に着目し、概略工程レベルでの知識データベース化を目指した仮設備機械選定エキスパートシステムを構築することとした。

2. 知識データベースの構成

一般に問題解決を行う際、実際の問題は、対象の数理化が困難な場合や数理解法が見あたらない悪構造の場合が多く、その結果、判断業務などの本質的問題解決は、人間の側に委ねられていたと考えられる。そこで、対象モデルの説明には、仕様書などを、求解には、経験・ノウハウを用いる非数理モデルの記号知識群を知識ベースとして構成し、記号推論機能によって問題解決に役立てることがAI技術の基本的な役割と考えた。ダムの工事計画を例にとると、工法や材料、仮設備機械の選定などは、知識推論方法で行った方が合理的であり、スケジュール計画などの問題解決のためのアルゴリズムが明確な処理は、数理計画型で検討する方が適当であると考えた。

そこで、本研究では、コンクリートダム工事の仮設備機械選定問題を対象とし、エキスパート支援システムES/KERNELを用いて、ダム工事仮設備機械選定知識データベースを開発することとした。本システムは、大別して、フレーム機構とルール機構により構成されている。フレーム機構は、推論対象の状態・構造を表現したものであり、図-1のように構成した。つまり、ダム工事における仮設備を対象としており、この対象を構成するコンクリート運搬機械、ケーブルクレーン、etc.を階層表現している。フレーム表現の基本は、ある対象が持っている属性は、ある値であるという知識を（対象、属性、値）をいう3つの形式で表現することである。例えば、打設運搬機械01フレームの例では、（打設運搬機械01、クラス、コンクリート打設運搬機械）、（打設運搬機械01、運搬方式、軌索

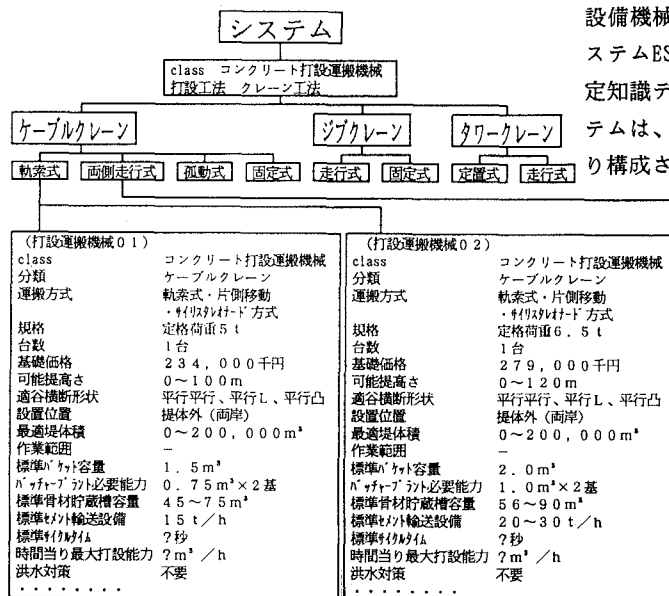


図-1. フレームの構成

式)、etc.のように分解できる。フレーム機構の大きな特徴としては、上位フレームから下位フレームへの属性の継承機能と拡張機能がある。

次に、ルール機構は、表-2に示した判断項目をもとに作成している。つまり、(1)ダムに関する項目、(2)周辺環境に関する項目、(3)ダムサイトの状況に関する項目、(4)工期・費用に関する項目、(5)重視型に関する項目によって構成される。

また、推論手順は、図-3に示すとおりである。

表-2. 仮設備機械選定のための判断項目

(1)ダムの形状について	①堤体積(打設能力に応じた堤体積) ②堤高(最大揚程) ③堤頂長(作業可能範囲)
(2)周辺環境について	①特別区域 ・ 国定・国立公園までの距離 ・ 風致地区までの距離 ②一般区域 ・ 周辺住宅までの距離 ・ 学校、病院までの距離 ・ 精密工場までの距離
(3)ダムサイトの状況について	①地質状態について ・ 左右岸の地質(土砂、軟岩、硬岩) ・ 低底部の地質(土砂、軟岩、硬岩) ②地形条件について ・ 谷の横断形(V形、U形、皿形) ・ 左右岸の平面形状(平行・平行、平行・L、平行・凸、L・L、凸・L、凸・凸) ③自然条件について ・ 河川洪水、濃霧、降水、風力 ④関連工事について ・ 河川処理工(仮排水トンネル、半川締切り、仮排水開渠)
(4)工期・費用について	①工期内に打設可能か ②費用はどのくらいかかるか
(5)重視項目について	①対象工事において重視する項目 ・ 経済性重視型、環境保全重視型、工期重視型

つまり、対象工事のダム形状や周辺環境、重視する項目に関する条件を入力する。次に、計画者の意図を反映させるため、入力した重視型により各判断項目の確信度を決定する。そして、ルール機構により設定された判断項目により推論を行い、適用可能なコンクリート打設機械を出力し、確信度により順位付けを行う。最後に、出力されたコンクリート打設機械に適したパッチャープラントや骨材貯蔵設備、セメント輸送設備の能力を選択し、計画者に対象工事に適した仮設備計画案を提供するものとする。

3. 実験的検討

以上のようにして開発した仮設備選定知識データベースを用いて、堤体積120,000m³、堤高60mで、環境重視型の工事を対象として、実験的検討を行うこととした。当該工事の推論結果を行った結果は、定格荷重13.5t、作業半径75mのタワークレーンが選択された。推論結果を考察すると、対象工事の入力条件として、堤体左右岸の横断形状が急峻な斜面となっていることから、堤体左右部にコンクリート打設運搬機械を設置するケーブルクレーンなどは避けられたものとする。また、堤頂長が、比較的長いことから、作業半径が大きいクレーンが選ばれたのではないかと推測される。さらに、経済性に関して特に考慮する必要がないため、定格荷重が大きい機種が選ばれたのではないかと考えた。

なお、ダム工事に携わる熟練技術者にヒアリングを行ったところ、本システムによる推論実行結果と同様の機種が選定されたことから、本アプローチの信頼性が実証されたといえる。

4. おわりに

本研究の成果として、(1)様々な機種や組合せを要し、全体工事計画に多大な影響を与える仮設備機械選定問題を、知識データベースを用いることにより、合理的・効率的に選定することが可能となった。(2)知識データベースを作成し、コンクリートダム工事における仮設備選定の問題解決を行ったことにより、AI技術が土木分野にも有効な対応策であることが実証された。

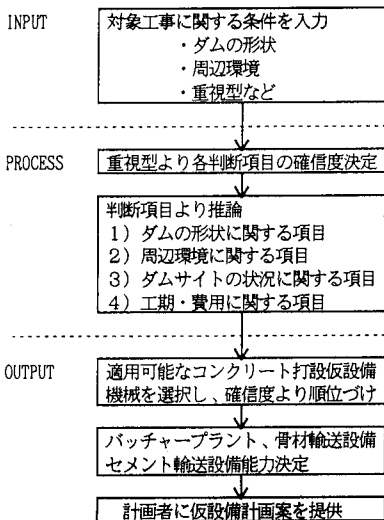


図-3. 仮設備機械選定のための推論手順