

大規模ダム工事における機械設備選定のための知的データベースと
エキスパートシステムに関する研究

立命館大学 正 員 春名 攻
大成建設（株） 正 員 〇小林 隆志
立命館大学大学院 学生員 竹林 弘晃

1. はじめに

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、新技術の開発・促進・普及に対しては、多大な努力が払われている。また、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。さらに、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、近年、エキスパートシステムなどを用いた人工知能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的データベース化を目指した仮設備における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. コンクリートダム工事における仮設備機械選定の重要性

コンクリートダム工事の計画プロセスは、図-1に示すように基本計画、概略工事計画、詳細工事計画の順で作成される¹⁾。まず、基本計画では、設計図書・特記仕様書にもとづき、期間の割当、構造物の規模・形状、ダムサイトの地理的条件、対象地域の自然・環境条件などの要因に関して検討を行う。そして、当該工事の施工に当たっての留意事項、問題点の改善方法や新施工といった問題解決の方針を決定する。つまり、ダム工事の大規模化、ダムサイトの地形、コンクリート打設範囲の広域化という問題に対して、工事全体の要求品質や施工条件と照し合せて、無理・無駄・斑を低減していく必要がある。

次に、概略工事計画作成段階においては、工区分割や主要仮設備計画、資機材・労務の必要計画数量の算出といった検討を行うことが必要である。さらに、工程計画・スケジューリングを行い、計画代替案を総合的に検討し、問題が生じないようにスケジューリングの改善を行う。よって、概略工事計画により工事計画の骨格は形成されるので、工事が合理的、かつスムーズに行われるかどうかは、概略工事計画案の良否に大きく影響を与える。

最後に、詳細工事計画においては、概略工事計画において策定された計画をもとに、構造物の部位工程に関するスケジューリングなどを行い、単位作業

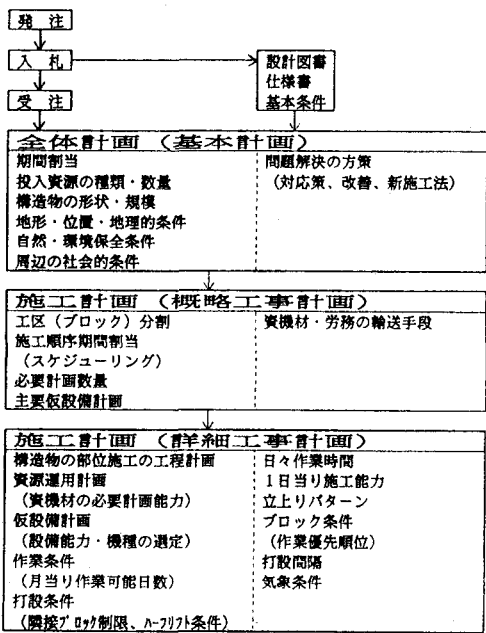


図-1. コンクリートダム工事の計画プロセス

の日程を設定していく。

以上のような流れでダム工事計画は作成されて行くわけであるが、全体的なスケジューリングを行う概略工事計画の果たす役割は大きく、また、中でも施工能力を決定するコンクリート打設運搬設備といった仮設備は、工程計画を大きく左右すること

から、慎重な決定が要される。

また、仮設備計画は、さまざまな機種・組合せを生じ、妥当な組合せを選択するためには、熟練技術者の的確な判断と多大な労力が必要とされる。そこで、エキスパートの観点から仮設備の選定を行うことにより、迅速で効率的な仮設備計画が行えるのではないかと考え、以下のような検討を行った。

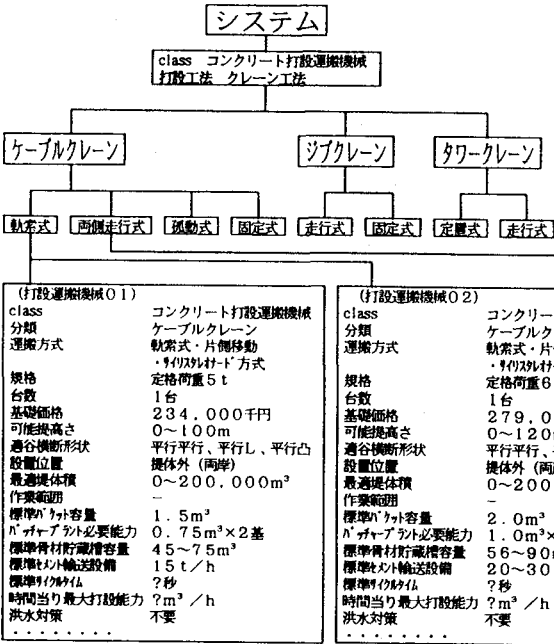


図-2. フレームの構成

表-3. 仮設備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 ・ 左右岩の地質 (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

3. 知識データベースの内容

さて、知識データベースとは、問題解決のための知識とその適用順序を分割し、知識の適用する順序を決定する機構を汎用化したところに基本的な特徴がある。このような知識データベースは、結果的にシステム開発やメンテナンスの効率が向上し、ルールやオペレータなどの記号表記法を用いているため、言語を用いた問題解決が比較的に容易になる²⁾。

また、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的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値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人工知能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、数値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、マンマシンインターフェイスとして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³⁾。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-2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、

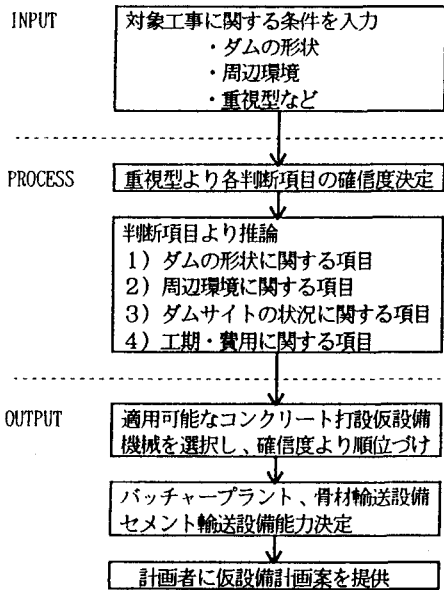


図-4. 仮設備機械選定のための推論手順

表-5. 対象工事の概要

堤体積	1 2 0 . 0 0 0 m ³
堤高	6 0 m
堤頂長	1 6 3 m
谷の横断形状	V 型
左右岸の横断形状	凸・凸型
地質条件	軟岩
周辺住宅	3 k m 四方になし
国立・国定公園指定	3 k m 四方になし
学校・病院・精密工場	3 k m 四方になし
河流処理方式	仮排水トンネル
重視型	環境重視型

※※推論結果は次の通りです。

- 0 . 8 0 タワークレーン (定格荷重13.5t、作業半径75m)
- 0 . 7 4 タワークレーン (定格荷重9.5t、作業半径75m)
- 0 . 5 5 タワークレーン (定格荷重6.5t、作業半径75m)

※※従って、次の打設機械を選定するべきです。

- 0 . 8 0 タワークレーン (定格荷重13.5t、作業半径75m)

図-6. 対象工事の推論結果

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、軌索式)、(打設運搬機械01、規格、定格荷重)、etc.のように分解できる。フレーム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-3に示した判断項目をもとに作成している。つまり、(1)ダムの形状に関する項目、(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-4に示すとおりである。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。

4. 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、表-5に示される内容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、図-6に示すとおりである。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考ええる。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。また、選定したコンクリート仮設備機械を用いてリフトスケジュールを行った結果を、図-7に示した。

5. 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。

最後に、今後の課題として、(1)本システムは、プロトタイプシステムであるので、実際の工事においての適用を重ねることにより、今後、さらなる信頼性の向上を図る必要がある、(2)本システムの適用範囲は、クレーン系に限られており、他の仮設備系にも適用していくことが必要である、(3)シミュレーションシステムなどの他のシステムとの連携を充実させる必要がある、等々があげられる。

【参考文献】

- 1)建設省河川局・財団法人ダム技術センター：多目的ダムの建設 第5巻施工編，1987年
- 2)大倉・古賀・池田・和久：都市トンネル工法選定エキスパートシステム，第9回建設マネジメントに関する研究発表・討論会講演集，1991年
- 3)建設省河川局・財団法人ダム技術センター：ダム施工機械設備設計指針，1990年



図-7. 優先順位1位の仮設備機械によるリフトスケジュール結果