

思考支援型解析支援システムの開発及び適用事例

顧問組 技術本部 須田 清隆
 ○ 顧問組 技術本部 内田 雅博
 顧問組 技術本部 可児 憲生

1. はじめに

土木構造物を設計する場合、特に地盤に関する検討が必要な場合には、数学的解析手法により求まる解のみによって判断・決定が行われることは少なく、設計者の工学的判断・経験を基にした総合的な検討の後に判断・決定が行われるのが一般的である。その理由は、土木構造物が地盤という不確実性の高い材料を取り扱わねばならないことから、数学的解析手法によって得られた解も信頼性が低いというところにある。そこで、設計業務の信頼性を高め、高品質な設計を実現するためには、設計者に対して総合的な検討が充分に行えるような知識やデータを提供することが必要となる。

本報では、実際の設計業務における設計者の作業を分析し、そこで行われた工学的判断や経験に裏付けられた判断をデータベースとして取り込むことによって、設計プロセスの流れの中で判断の基準となる知識やノウハウなどの情報を提供できるようなシステムの作成を試みたので、その事例について報告する。

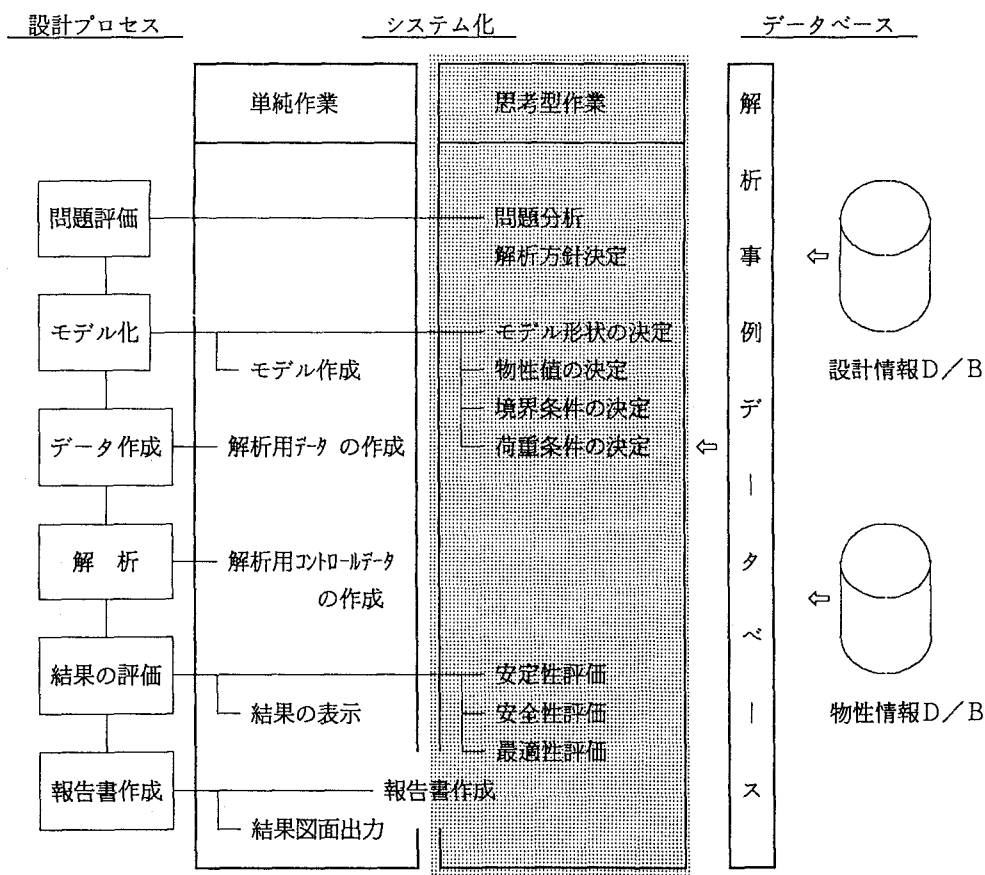


図-1 設計プロセスとデータベースを伴うシステム範囲

2. 思考支援型解析支援システムの概要

設計業務は、問題評価 → モデル化 → データ作成 → 解析 → 結果の評価 → 報告書作成という流れで行われる。実際の設計業務の内容を分析すると、図-1に示すように単純作業と思考型作業に大きく分類できる。従来の解析支援システムは、データの作成や結果の表示等の単純作業の効率化を目的として開発されているが、本システムでは設計業務の各プロセスのなかで、判断・決定を伴うような思考型作業に対して支援することを試みている。

例えば、熟練した設計者が、ある設計業務において構造物のモデル化を行った場合、その解析モデルとしての形状・境界条件・荷重条件を決定した思考過程をシステムに事例データベースとして可能な限り取り込んでおく。他の設計者が同じような条件の解析を行う場合に、同様な解析の経験がなくても熟練した設計者が行ったモデル化に対する思考過程を参考にすることによって、適切な解析モデルの作成ができ、品質の高い解析が可能となる。ここで、思考過程のデータベース化は解析事例データベースに、設計資料データベース・物性情報データベースの参照および設計者の判断の履歴を格納することによって行う。

モデル化以外のプロセスでも、同様な手法を用いることによって思考型作業の支援が行える。

3. 適用事例

発電所基礎地盤の安定性評価を、本システムを適用して行った例について述べる。

3.1 問題評価

図-2の位置に半地下式の発電所を建設するにあたって、発電所築造過程の地盤変位を予測し、基礎の安定性を確認することが本検討の目的である。図-3地層構成図より、地表面から基礎掘削底面まで掘削すると、基礎掘削底面はシルト・砂および砂礫などの互層で構成される、N値 20 ~ 30程度の層に達することがわかる。また、地質調査結果によると砂礫層には、 $1.0 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ の被圧水が存在することがわかっている。以上の状況を総合的に判断すると、掘削底面の地盤は発電所基礎としての適性に問題があると判断することができる。

よって、施工品質を管理するためには掘削時の法面崩壊防止と地下水管理、構造物築造時の不等沈下防止を目的として詳細な技術検討を行うことが必要となった。その手法として、比較的簡便に現象を把握できる2次元逐次FEM解析を選んだ。

思考支援型解析支援システムの解析事例データベースには、解析モデルデータとして、地層情報・構造物形状などに関する情報が蓄えられている。また、解析に用いられた手法・解析コードの種類などの情報も蓄えられているので、類似の事例を検索して解析作業の参考にすることは可能である。

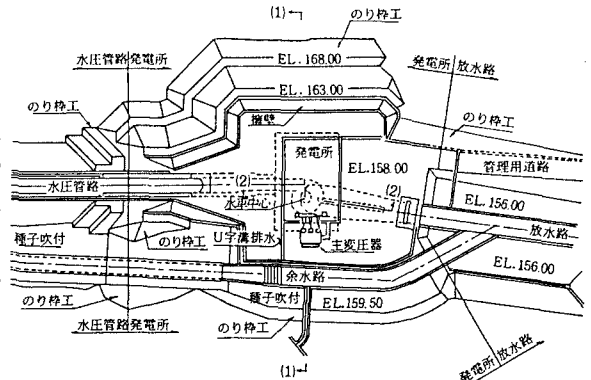


図-2 発電所計画平面図

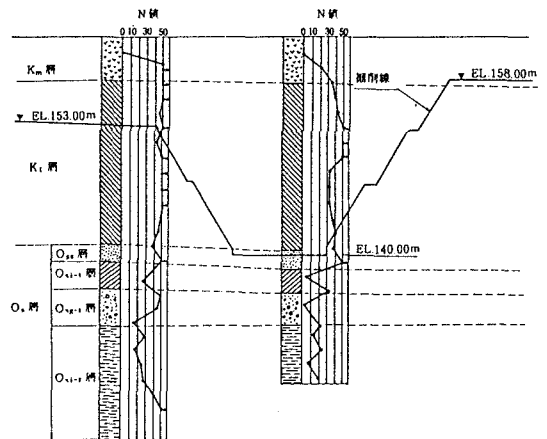


図-3 地層構成図

3. 2 モデル化

解析結果の信頼性を左右するのはこのプロセスである。現象を的確に表現できるようなモデル化を行うには、高度な専門知識と解析に関する知識が必要になる。しかしながら、思考支援型解析支援システムを用いれば、必ずしも高度な知識を持っていなくても、ある程度の地盤・構造解析に関する知識があれば解析のエキスパートと同等のモデル化を行うことが可能となる。

図-4 および図-5 にモデル化の各思考型作業に対してシステムが行うことができる主な支援内容を示す。

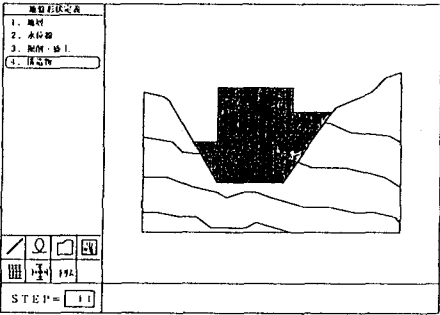
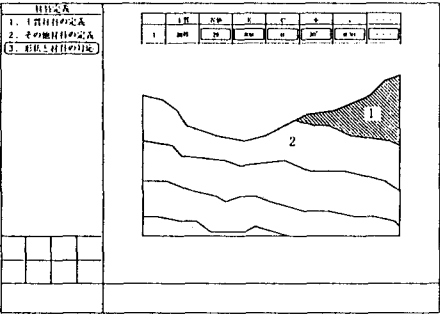
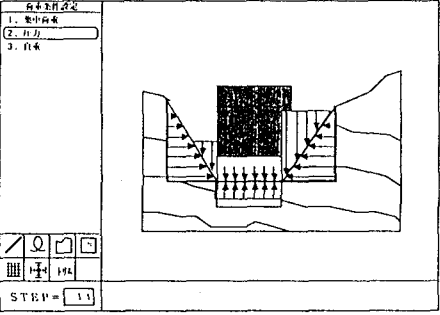
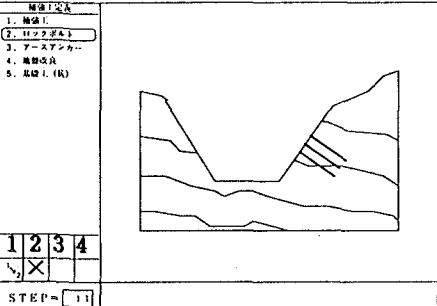
思考支援型作業名	システムによる主な支援内容
モデル形状の決定 	- 掘削などの影響範囲を考慮してモデル化すべき領域を提案。 { 一般的な指標の提示。 類似の解析例の解析結果を参照。 } - 地質調査データより、解析モデルとしての地層区分を行う方法。 { 地質調査データと解析モデル図を比較することにより参照。 }
物性値の決定 	各種土質試験データから、解析用パラメータを算出する方法。 { 使用すべき、図・表・変換式を適用 範囲を考慮して提示。 }
荷重条件の決定 	- 荷重のモデル化に対する考え方。 土圧 集中荷重 水圧 分布荷重 揚圧力 取り 物体力 地震力 扱い方 強制変位 その他 - 掘削時における掘削相当外力の考え方。 掘削解放率の設定。

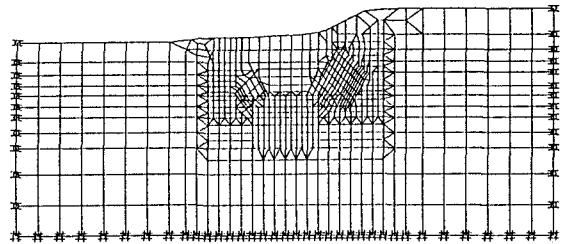
図-4 思考支援型解析支援システムによる主な支援内容 (その1)

思考支援型作業名	システムによる主な支援内容
補強工のモデル化 	・補強工の種類とその選択方法。 ・補強工を採用した場合の効果。 〔類似解析例で、補強工あり・なし〕 の場合の解析結果より推測。

図－5 思考支援型解析支援システムによる主な支援内容（その2）

3. 3 結果の評価

解析結果を分析・評価するためには、高度な知識と豊富な経験に基づいた考察を行わねばならない。熟練設計者が、どのような結果に着目しどのような判断を行ったかという履歴をデータベース化しておき、必要に応じて参照ができるようにしておく。



図－6 最終モデル図

4. まとめ

思考支援型解析支援システムを設計業務に適用することによって、次のような効果が得られる。

- ① データベースに蓄積された熟練設計者の知識やノウハウが必要に応じて参照できるために、品質の高い設計が可能である。
 - ② 解析・設計事例を数多くデータベース化することによって、技術の蓄積が可能である。
 - ③ 本システムを応用すれば、解析・設計業務の初心者への教育システムとして利用できる。
- しかしながら、次のような問題点も存在する。

- ① 設計者の判断や経験は個人に依存するものであり、システムとして一般性を持たせることは難しい。
- ② 設計者の思考過程が複雑な場合や、あいまいな判断を伴う場合には、そのデータベース化が難しい。
- ③ 思考過程を事例データベース化して、あらゆるケースに対応できるようにするには、莫大な業務分析とデータ入力の仕事が発生する。

以上の問題点を踏まえて、今後は本システムへのAI技術の適用なども考慮しながらシステムの改善を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 山本、須田、内田、池松：CAEシステム開発とその適用例 —— エンジニアリング支援システムの構築 —— 、土木学会 第14回土木情報システムシンポジウム講演集、pp 73 - 76, 1989.10