

軟弱地盤対応の基礎工法選択システムの開発

	清水建設（株）技術本部	プロジェクト部	渡辺 俊雄
	同上	土木本部 技術2部	佐々木潤治
	同上	情報システム部	伊藤 健司
○	同上	技術本部 プロジェクト部	大西 雄二

1. はじめに

近年、都心部の地価高騰から臨海部の埋め立て地へのオフィスビル、住宅等の建設のニーズが高まっている。しかしながら、このような埋め立て地の多くは地盤が軟弱であり、構造物の基礎工事においては、地盤の軟弱性の故からまた耐震設計上の安全性の確保からも総建設費に占める基礎工事費の比率が極めて高くなる可能性がある。本システムでは土木のみならず建築を含めた技術者が設計から施工に渡って、品質、安全並びに経済性等を含めた総合的な観点から、軟弱地盤における基礎工法の選択を効率良く、適切に出来ることを目指したものである。

検討出来る基礎の種類としては、従来の基礎工法に止まらず、軟弱地盤の改良に広く用いられている地盤改良工法との組合せに対しても検討出来るようになっている。

システムの面では、エキスパートツール、各種の既存計算プログラム並びに文書作成ツールを主な構成要素としており、全体を制御するプログラムがこれらを検討手順に従って、随時呼出しながら処理する形態となっている。以下では、システムの概要並びに本システムの開発に関する説明を行う。

2. システムの概要

(1) システムの処理範囲と機能設定に於ける留意点

単なる工法名の選択では基礎検討作業のほんの一部の作業を行ったに過ぎないと考え、本システムでは基礎の断面諸量、部材数量の算出並びにこれらに基づく工費等の概算比較までを含め、ユーザに対する作業の効率化と基本的な基礎計画が適切に出来るようにシステムの処理範囲を設定している。また、機能設定においては、各検討段階でユーザに対し、適切な参考資料・操作手順の表示を適時行うこと、更に出来る限り入力手間を軽減させることに特に留意している。

(2) システムの標準処理手順

杭工法を例に上げると、軟弱地盤での水平耐力の確保、液状化対策を杭だけに頼っていたのでは、極めて断面が大きくなり、また必要となる杭の本数も多くなる。その結果、基礎の建設費が極めて高くなる可能性がある。その対策の有効な手段としては、地盤改良工法をこれらの基礎工法に組み合わせることが考えられる。このような組合せに対して図—1に示すような処理手順のもとに、基礎の検討作業が行えるようにしている。以下では、この処理手順の概要を説明する。

①. 上部構造物／地盤条件の整理

上部構造物の平面積、高さ等の入力により、基礎に加わると思われる平均的な荷重の算定並びに地盤に関しては、液状化、NFの可能性の判定を行う。

②. 基礎工法／地盤改良工法の選択

基礎工法並び地盤改良工法各々に対して、①で整理されたデータに加え、施工ヤードの広さ、騒音、振動の低減の必要性等の諸々の条件を入力し、適切と思われる工法の数種類を推論する。

③. 自動設計計算

②で推論された基礎工法と地盤改良工法の組合せを考えた基礎に対して、標準的に利用されている断面諸量を用いて設計計算を行い、杭本数・配置を求める。

④. 概算工費の算定

③の結果をもとに、材料費を含めた基礎工事の概算工費を求め、経済性の比較が出来るようにする。

⑤. 詳細設計

④の結果をもとにした経済性比較を含め、設計・施工全般に対する総合的な比較を行い、最も適切と思われる基礎案について、更に詳細な部材算定、杭配置のための設計計算を行う。

⑥. 検討書の作成

①～⑤で得られた結果をもとに、標準書式の検討書を自動的に作成する。その後はユーザが必要に応じ、ワープロツールで部分的な文書の加筆／修正を行う。

(3) システム構成

①. ハードウェア構成

図-2 にハードウェアの構成を示す。本システムは IBM 55XX をホスト端末並びにパソコンとして使用している。ユーザには一連の検討作業を行うに当たって、一台の IBM 55XX の前でホスト利用中、パソコン利用中の操作の違いを意識せず、処理できるようにしている。なお、本処理が必要としている CPU 容量は 640KB であり、ハードディスクに関しては約 5MB を利用している。

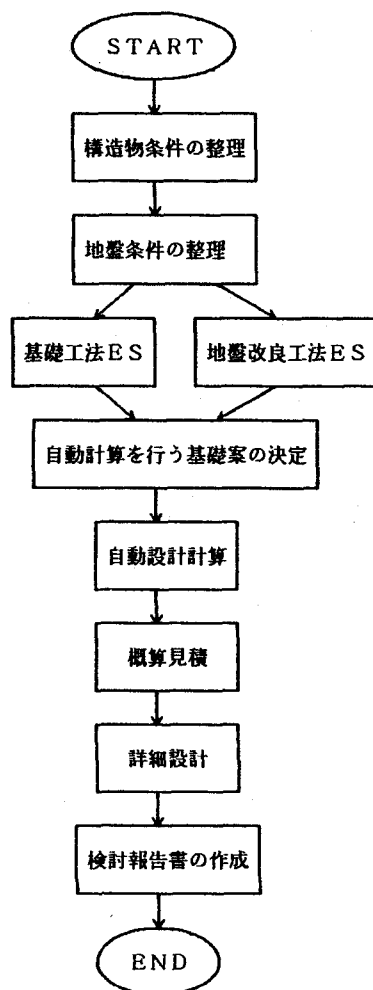


図-1 標準処理手順

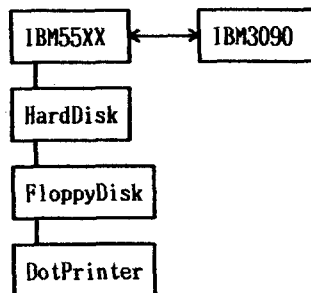


図-2 ハードウェア構成

②. ソフトウェア構成

図-3にソフトウェアの構成を示す。本システムは最近、見受けるエキスパートシステムが全体の処理制御まで行いうタイプのものではない。エキスパートツールには地盤改良と基礎工法の工法選択のみ行わせている。全体の制御は入出力画面、各種参考データの表示を含めて制御プログラムで行っている。

各処理プログラムについてホストを利用しているものは、基礎工法/地盤改良工法のエキスパートツールである。その他はパソコンプログラムとして既に開発されたものの利用と新規開発で対応している。

なお、今回のような一連の検討作業をシステムで行なわせる場合、入力データが大量となり、ユーザの入力作業量を増やすことに繋がる。本システムではこの入力作業を出来る限り減らすため、Read Only 化したデータ(例えば、杭工法各種の標準的に使用されている杭径、鉄筋量)を参照し、デフォルト値として入力欄所に自動的に表示する等の対策を講じている。

3. 試用例

ここでは、ウオーターフロントとして現在、脚光を浴びている東京湾の埋め立て地をイメージして、地盤のモデルを仮定し、建設される件数の高いと思われる20~30階クラスの高層住宅に対する基礎を検討した例を処理フローにしたがって示す。

図-4は構造物/地盤条件を入力する画面である。

これらのデータもとに自動計算の荷重条件、地盤改良工法と基礎工法のエキスパートの入力条件を作成する。

図-5、6は基礎工法と地盤改良工法の入力画面と推論結果の画面である。なお本例ではGL-10(m)までが液状化すると判断して、その対策の地盤改良を推論している。

自動計算では、計算を行う前にユーザに図-7に示す画面を表示し、計算を行わず基礎案の確認/訂正を行うようにしている。自動設計計算、概算見積の終了後、同図に必要な本数と概算工費の比較を表示する。このような手順で基礎検討を行えるようになっている。

4. 開発段に於ける主な問題と対策について

①. エキスパートツールと自動計算の併用について

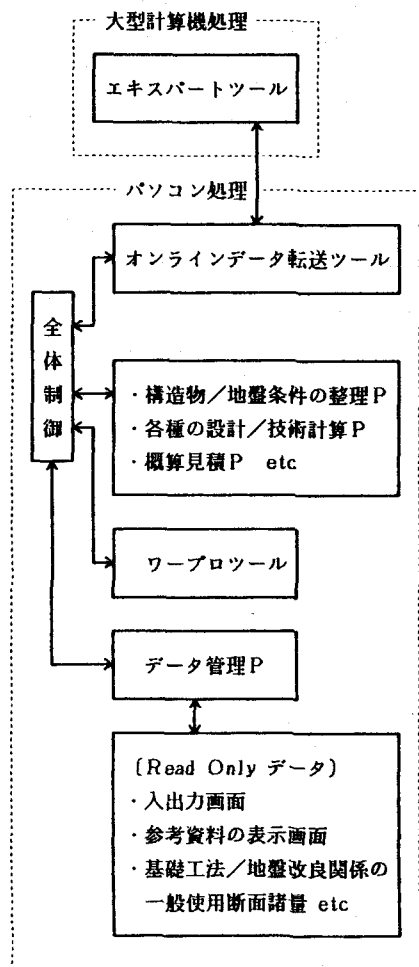


図-3 ソフトウェア構成

構造物条件の設定

1. 構造形式 → 1
処理選択 → 1

2. 地盤区分 → 1 [1: 埋立 2: 土中]

【建設】

a) 構造形式 1 [1: SRC造 2: RC造 3: S造 4: その他]
b) 用途 2 [1: 住宅 2: 店舗 3: 倉庫 4: その他]
c) 敷地面積 4000 a2 1) 地上 2) 地下
d) 建設面積 1200 a2 1) 地上 2) 地下
e) 地盤区分 1000 a2 1) 埋立 2) 土中

【地盤】

i) 鉛直力 15
j) 水平力 0
k) moment 0

地盤条件の設定

1. 地盤改良工法 → 1
2. 地盤改良工法 → 1
3. 地盤改良工法 → 1
4. 地盤改良工法 → 1

	1	2	3	4	5
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
地盤改良工法	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0

図-4 構造物・地盤条件の入力画面

軟弱地盤では基礎工法と地盤改良を組み合わせることの有用性が言われているが、今回開発を行うにあたっては、この組合せをエキスパート化するに足るだけの実施例（知識ベースを作るためのデータ）が集まらなかった。そのため、理論的な設計計算を利用することで対応したのであるが別な観点からこの対応措置を考えると、図-8に示すようにエキスパートシステムと自動計算の併用で互いの長所が相手の欠点を補っているようであり、基礎検討作業全般に渡って、より技術レベルの高い、作業効率の良いものが実現出来たと思われる。

今回のように自分達の資産となっている既存のプログラムとエキスパートシステムを組み合わせ、有効に利用する方法は開発効率も良い。しかもユーザに対して上記したように検討作業全般に渡ってより技術レベルの高い、作業効率の良いシステムを提供出来るものと思える。このことは今後エキスパートシステムを利用して行く、一つの方向を示しているように我々には思える。

②. 今回の開発に必要とした人材について
 一般にエキスパートシステムを開発するにはAI技術者並びにその処理内容、例えば地盤改良のエキスパートシステムでは、地盤改良のエキスパートがいれば開発できると言われている。しかし今回の開発開発では上記した人材に加え、ホストコンピュータとパソコン間のデータ伝送、パソコンでのファイル管理/全体制御といった幅広い知識を必要とし、これらの知識を有する人材を如何に確保するかも開発の重要なポイントであったと思う。

5. おわりに

本システムの開発に当たって、多くの方々から貴重な御意見を頂いたことに感謝申し上げます。完成度はまだまだとは存じますが、今後とも皆様からの御意見を参考に改良を加え、より完成度の高いシステムにしていく所存です。

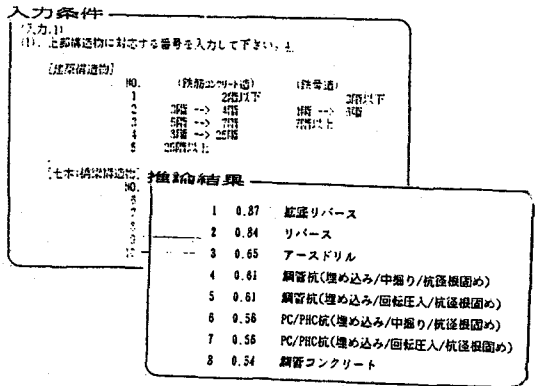


図-5 基礎工法ESの入出力画面

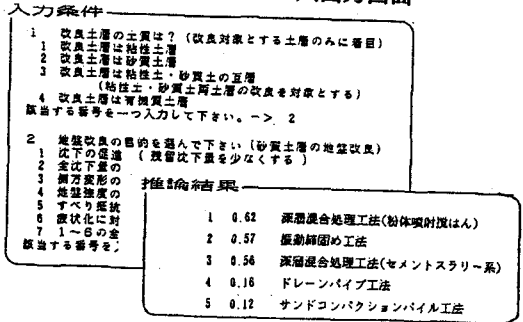


図-6 地盤改良工法ESの入出力画面

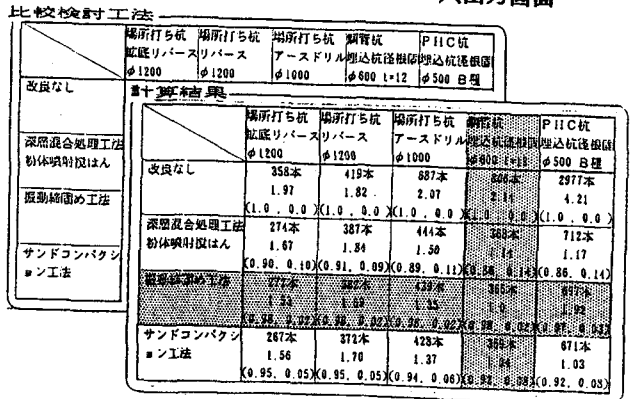


図-7 自動設計計算の入出力画面

- ・定性的な評価
- ・定量的な評価
- ・マクロ的な把握
- ・ミクロ的な把握
- ・カン、経験による
- ・論理的な筋道を
- 素早い判断
- 立てた判断

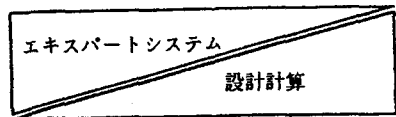


図-8 エキスパートシステムと自動設計計算の併用効果