

3次元地質モデルを利用した地盤トータルシステムの構築

—地質モデルの作成と数値解析への適用—

(株)CRC総合研究所 ○ 榊原 辰雄

〃

山根 裕之

1. はじめに

今日、コンピュータの能力の上昇に伴いダウンサイジング化が進み、EWSを利用した処理が普及している。当社でも、早くからEWSを利用してFEM解析などの業務を行っているが、業務の多くが地盤を対象としているため、地質構造をモデル化するための有効な手法の確立が必要であった。そこで当社では、EWSを用いて地質構造を3次的にモデル化する3次元地質解析システム「GEORAMA」を開発してきた。そして、現在までにこの地質情報を利用したFEM解析のためのモデル作成支援システム、及び地盤の掘削や盛土に伴う土量計算システムを開発し業務に役立たせている。本報は、これらのモデル作成システムと、FEM解析及び斜面安定解析等の解析システムを連携させ、一連の作業がEWSの画面上でインタラクティブに処理可能なシステムの構築を試みたので紹介する。

2. 開発の背景と目的

ある地域を対象に地盤の解析を行う場合、通常以下のような手順で行われていると思われる。

- ①対象となる領域の地質調査や土質試験等を行う。
- ②得られた地質データをもとに、地質専門家が頭の中で3次元の分布イメージを構築し、2次元断面の地質図を作成する。
- ③作成された地質図は解析技術者に渡され、解析用形状モデルを作成する。
- ④解析に必要なデータを作成して解析を行い、結果を評価・検討する。

一般に、これらの作業はそれぞれの担当技術者が行い、それぞれ担当者が各作業段階での必要な情報を管理している。解析段階においても、検討内容によっては各解析毎に必要なデータを作成する必要があり、大変手間のかかる作業である。しかし、これらの作業は、地盤の情報を3次的に共通化してコンピュータ内に数値データとして保持することによって大幅に低減される。特にFEMの3次元解析をする場合には、地質断面図から3次元モデルを再構築しなければならず、地質専門家の3次元分布イメージを数値化して、直接モデル化することにより再構築する手間が省ける。

当社では、「GEORAMA」という地質図の図化システムを開発したが、その際、3次元地質モデルという考えを導入し、コンピュータ内に3次元モデルを保持することによって各種任意な断面図を出力してきた。そこで、このモデルを解析用の入力データとして利用すれば、形状モデルを構築する手間を省くことができ、しかも、データの一元化が図られ、統一された維持・管理ができる。また、3次元地質モデルを直接利用するので、作業全体の流れの中でデータの整合性が保たれ、調査データの追加等によるモデルの変更にも容易に対処できる。

また、法面の設計業務に適用すれば、調査データの入力、地質モデルの構築、地質図の出力、法面の作成、そして法面の安定性の評価といった作業を、一連の流れのもとにスムーズに行うことができる。

このように当システムは、調査データから3次元地質モデルを構築し、その地質情報を利用して解析システムの必要なデータの作成、及び解析処理を行い、

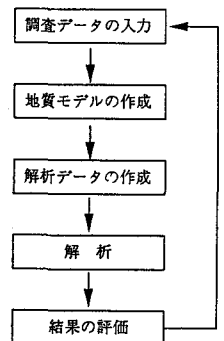


図-1 処理の流れ

その結果を確認するといった一連の流れの処理（図－１）をEWS上で実現し、作業の短縮・効率化を図り、データの有効な利用をめざすものである。

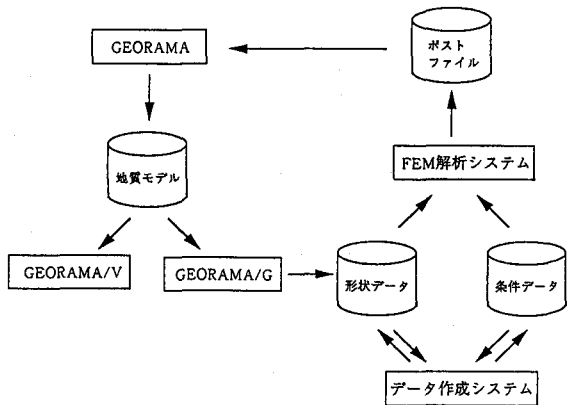
3. システム概要

当システムは、フィールドで得られた調査データから3次元地質モデルを作成し、その地質モデルをもとにしたFEM解析のための形状データの作成、及びFEM解析、また掘削や盛土の法面を設定した土量計算や斜面安定解析といった処理を、一連の手順のもとに行うものである。

ハードウェアには、地質モデルや数値解析結果をインタラクティブにグラフィック処理でき、FEM解析が行えるCPUパワーが要求されることからEWSを採用し、機種による依存性がないようにX-Wind o w S y s t e m上で動作可能なシステムとした。入力、マウス、キーボード及びデジタイザから行う。特にデジタイザは、地質図など図面から直接地質情報を入力することができるので、非常に作業の短縮が図れる。出力用周辺装置として、プリンター、プロッター、カラーハードコピーを接続している。

4. システム構成

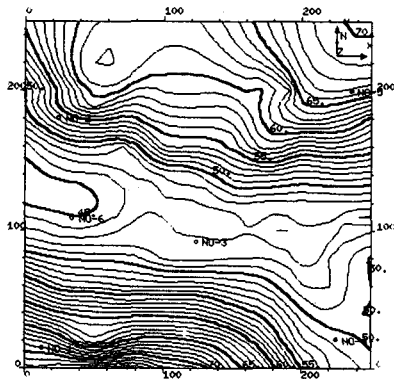
当システムは、地質モデルを作成する3次元地質解析システム、FEM用の形状データを作成するメッシュジェネレート支援システム、FEM解析のためのデータを作成するFEMデータ作成支援システム、準3次元及び3次元の浸透解析や応力・変形解析を行うFEM解析システム、掘削・盛土に伴う土量計算や斜面安定解析を行う法面設計支援システムで構成される。（図－2）



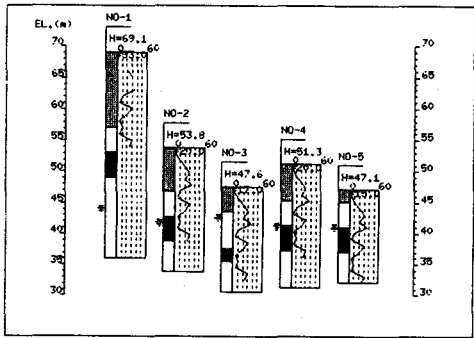
4. 1 3次元地質解析システム「GEORAMA」

このシステムでは、地形モデルと地質モデルを作成する。地形モデルの作成は、デジタイザから地形図の等高線（図－3）を読みとり格子データ（DTM）に変換して作成する。または、直接地形のDTMデータを入力してもよい。次に、地質モデルを作成するために必要なデータを入力する。入力可能な地質データは、地表の走向・傾斜、ボーリング、横坑データ等である。図－4は、ボーリングデータの出力例である。地質図が既にある場合には、デジタイザを利用して簡単に地質境界の情報を入力できる。そして、領域に存在す

図－2 システム構成図



図－3 地形データ



図－4 地質データ

る地層境界面の関係データを設定して地質モデルを構築する。地層面の推定方法には、最適化原理を用いている。また、ボーリングデータの地下水位レベルをもとに地下水位面を別のモデルとして作成する。モデルが作成されると任意の断面や領域を図化することが可能である。地質データの修正や追加があれば、即座にモデルを作成し直すことができる。N値などの情報もボーリングデータとして管理でき、3次元的な空間分布も表示することが可能である。この機能を利用して、FEM解析結果を取り込んでさまざまなポテンシャルコンター図やベクトル図を表示する機能も付加した。また、FEM解析や安定解析に必要な地盤の物性定数は、地質データとして一元管理している。図-5に簡単な地質モデルの出力例を示す。

4. 2 FEMメッシュジェネレート支援システム「GEORAMA/G」

GEORAMAで作成された地質モデルを利用してFEM解析のためのソリッド要素を作成する。まず、平面の2次元メッシュデータを作成する。この平面データは地質モデルの格子をそのまま用いてもよいし、任意の形を扱うこともできる。そして、各地層の分割数を設定した後、深さ方向に地質境界を考慮して節点を自動的に発生し、要素分割を行う。出力は節点座標、要素コネクション及び物性番号データである。地表面上の各節点における地層の垂直方向の分布をデータとして出力することも可能である。

また節点データには地下水位モデルから水面の位置を同時に出力ことも可能であり、FEM解析での初期水位分布データとして使用することができる。図-6は、図-5の地質モデル内を要素分割した例である。

4. 3 FEMデータ作成支援システム

GEORAMA/Gで作成されたFEM形状データを読み込み、主に要素形状のチェックとFEM解析に必要なデータの作成を行う。特に断層やレンズ状の地質体が存在する場合には、ソリッド要素の作成が完全に行われていない場合がありデータの修正が必要である。境界条件や荷重条件のデータ作成は、EWSの画面上でモデルを見ながら行うので間違いを最小限に防ぐことができ、しかも、全体のシステムが一連の作業として行えるので、解析終了後に結果を確認しながら条件データの変更を効率よく行うことが可能である。

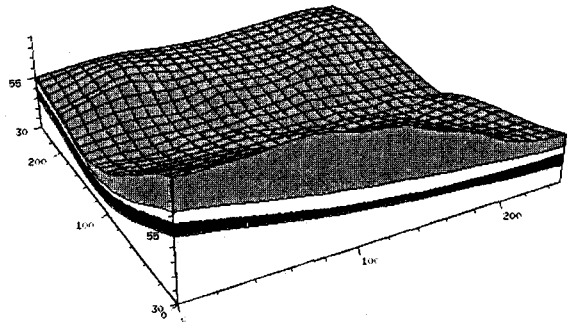


図-5 地質モデル

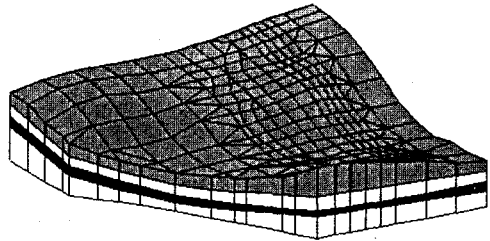


図-6 要素分割図

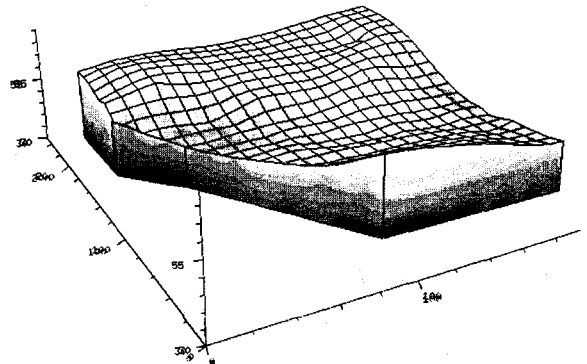


図-7 計算結果の出力例（ブロック図）

