

東京の3次元地下地盤モデル作成システム

TOKYO THREE-DIMENSIONAL GROUND CONDITION MODEL CONSTRUCTION SYSTEM

影山 秀晴¹・大澤 健二²・中山 俊雄³

Hideharu KAGEYAMA¹, Kenji OOSAWA², Toshio NAKAYAMA³

A three dimensional ground condition model is applied to the borehole database of Tokyo metropolitan government. Two types of model are developed. A large scale model is prepared on the bases of geological stratigraphic structures and a minute model for construction works based on soil engineering. Geological structure of Tama area is shown as the former example. A three dimensional distribution of bearing stratum around Shinsuna, Koto-ku and a three dimensional distribution of groundwater aquifers around Misumi, Higashimurayama city are shown as the latter.

Key Words : *three dimensional ground condition model , boring data*

1. はじめに

我が国の都市の多くは平野に位置し，第四紀の時代に形成された地盤である．これら地盤は未固結層，軟弱な地盤から構成されている．

東京都におけるインフラ整備には，常に軟弱地盤，地盤沈下，耐震対策，液状化対策，地下水対策など地盤問題への取組が求められてきた．

東京において地盤調査が本格的に始まったのは，関東大震災後の震災復興事業の一環として復興局建築部が実施した地質調査である．これは「東京及び横濱地質調査報告」（1929）としてまとめられた．地盤図の先駆けである．この地盤図の流れは，戦後に引き継がれ 1959 年には「東京地盤図」（東京地盤調査研究会）が，1969 年には「東京湾周辺の地盤」（建設省計画局・東京湾総合開発協会）が刊行されている．東京都においても，1969 年「東京都（23 区）地盤地質図」（東京都土木技術研究所），1972 年「東京湾地盤図」（港湾局）を刊行してきた．

これらはいずれも，地質柱状図集と地質断面図集をベースに構成されている．

東京都ではこれまで数多くの地盤調査が行われてきた．当センターでは，これら地質調査資料の収集・管理・地盤解析・データ提供を目的に 1986 年「地盤情報システム」を構築した．

地下空間利用が浅部からより深部へ広がる中で，地盤に対するとらえ方も，従来の点ないし平面（断面）での評価から，3 次元地盤への評価が必要とされてきている．

これらの流れの中，当センターにおいても，これまでの「地盤情報システム」をもとに，3 次元地盤モデル化の取組を始めている．端緒についたばかりであるが，ここでは現在進めている 3 次元地盤モデル化の概要を紹介する．

地下地盤を立体的にとらえる試み，地質柱状図データを用いた 3 次元地盤のモデリングシステムの開発は，これまで大学や民間企業等を中心に進められており，現在は試験段階から実用段階に入ったと見ることができる．これら三次元地盤作成のモデリングに用いられているアルゴリズムは多種多様であり，ユーザーにとってはそのアルゴリズム特性を理解し，目的に沿ったシステムの採用が必要となる．

2. 3次元地盤のモデル化

地盤の三次元化を進めるうえで，地盤評価を行うにあたって，地盤をどのような視点（地質学的，地盤工学的）で評価するかが課題となる．

地盤の三次元化を進めるうえで，地盤評価を行うにあたって，地盤をどのような視点（地質学的，地盤工学的）で評価するかが課題となる．

¹非会員 東京都土木技術支援・人材育成センター Civil Engineering Support & Training Center of Tokyo Metropolitan Government
(E-mail:Hideharu_Kageyama@member.metro.tokyo.jp)

²正会員 東京都土木技術支援・人材育成センター Civil Engineering Support & Training Center of Tokyo Metropolitan Government.

³非会員 東京都土木技術支援・人材育成センター Civil Engineering Support & Training Center of Tokyo Metropolitan Government.

そこで、3次元地盤モデルの作成に当たり、前者を考慮した①区市町にまたがる広域の地盤モデルと、後者を考慮した②工事区域の小領域の地盤モデルの作成を行った。

3. 広域3次元地盤モデル

今回、対象地域として多摩地東部地区を取り上げた。この領域には約 1万 7000本のボーリングデータがある。広域の地盤モデルを作成するには、大量の地質データから地盤を予測するシステムが必要であり、今回は「Geomap 3D」（株）ジーエスアイ）を採用した。

このシステムの特徴は、地質層序がなされた基準地質柱状図をもとに、大量のボーリングデータを自動地層区分を行うことにより三次元地盤モデルを作成するものである。モデリングの基本的な流れを図-1に示す。

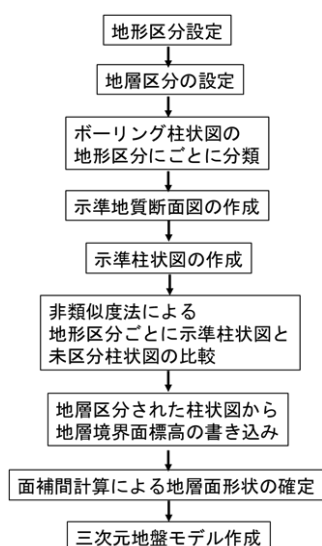


図-1 モデリングの流れ

表-1 地層構成表

完新世	沖積層泥層
	沖積層砂層
	下部沖積層粘性土層
	下部沖積層砂層
	沖積層礫層
更新世	立川ローム層
	立川礫層
	関東ローム層
	凝灰質粘土層
	武蔵野礫層
	上部東京層
	東京礫層
	下部東京礫層
	上総層群

(1) 操作の手順

a) 示準地質断面図の作成

領域内で、東西23本、南北24本の示準地質断面図を作成した。示準地質断面図では表-1の地層区分を行った（図-2）。

b) 示準柱状図の作成

各示準地質断面図上にある地質柱状図に対して、示準断面図に基づき地層区分を行う。このようにして求めた地層区分名が付加された地質柱状図を示準柱状図とする。

c) 示準柱状図と未区分柱状図の非類似法による比較

層相、平均 N 値、層中心標高、孔口標高の項目について、示準柱状図と同一地形区分内にある地層未区分柱状図を、非類似度判定（本手法の詳細については省略）を用いて地層対比を行う。これにより、未区分柱状図に対して地層名が付加されることになる。

d) 3次元地盤モデルの作成

地層区分された柱状図から各地層の標高点を読み取り、この標高点をもとに三次元地盤モデルの作成を行う。

(2) 事例紹介—多摩地域

地層区分された全地質柱状図をもとに、3次元地盤モデルを作成した多摩地域の3次元地盤モデルを示す（図-3）。用いた地質調査ボーリングは地層名と岩相による

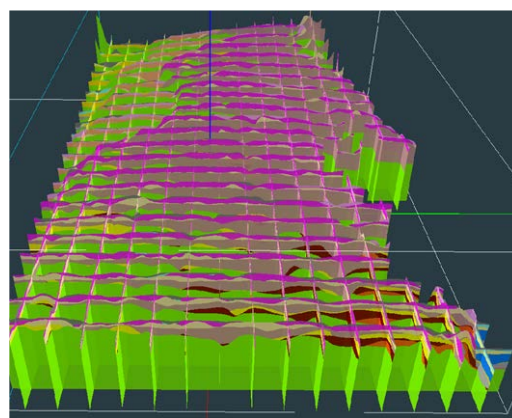


図-2 東西・南北示準地質断面図

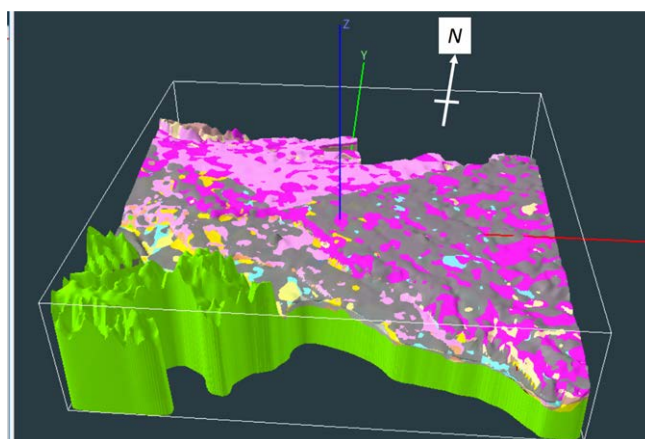


図-3 多摩地域の3次元地盤モデル

2種類の表示が可能で、図-4はN値を円柱の太さとして表現したものである。

4. 小領域3次元地盤モデル

建設局をはじめとする都庁関係部局・市町村からの設計や工事施工のために必要なボーリング資料の提供依頼に対して、データ提供を行っている。しかし、必要とされる地点に必ずしもデータがあるわけではないので、近傍のデータ提供を行うことになる。

一般に設計を担当する土木技術者は、必ずしも地盤に精通しているわけではないので、提供された地質調査ボーリングをもとに地質断面図を作成することは難しい作業である。そこで、地盤の物性（主に N 値）のみに注目し簡便な 3 次元モデルの作成機能を「東京都地盤情報

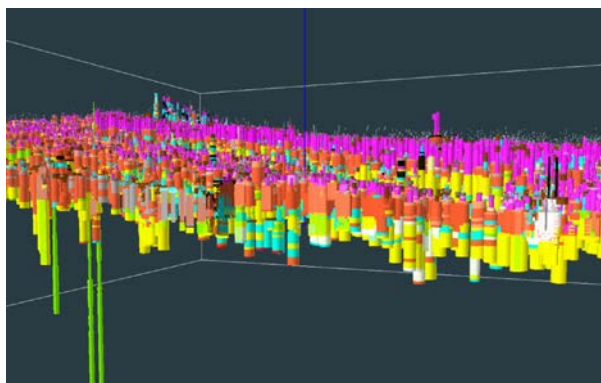


図-4 地層区分した地質柱状図

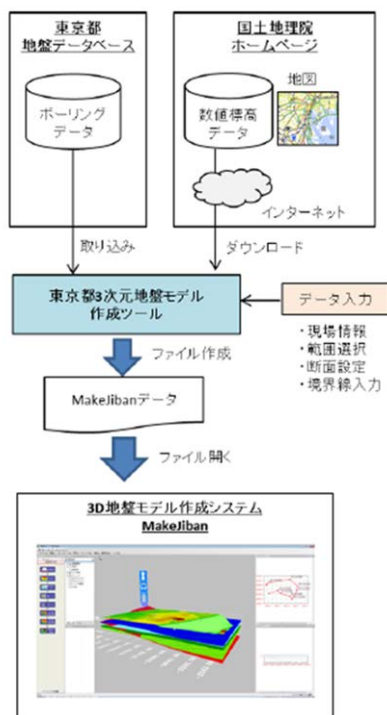


図-5 小領域の3次元地盤モデル

システム」に組み込んだ。3次元ソフトツールに「Make Jiban」（（株）五大開発）を採用した。

(1) 操作の手順

この3次元地盤モデルの基本的な流れを図-5に示す。

東京都地盤情報システムが管理するボーリングデータを読み込み、「Make Jiban」にファイル変換する。操作は以下の流れで進める。

- ①範囲選択：対象とする地域を枠で囲む。
- ②標高取得：国土地理院基盤地図情報を利用
- ③断面設定：選択した範囲内にあるボーリングを選択し断面線を作成する。断面線は複数作成することが出来る。
- ④地層境界線入力：断面ごとの地質ボーリングから、地層境界を指定し境界線を作成する。境界線は複数作成することが出来る。地層境界は、支持層評価としての N 値や液状化対象層としての砂層など、調査目的に応じて決める。
- ⑤上記作業後、「Make Jiban」を起動させると 3 次元地盤モデルが描画される。

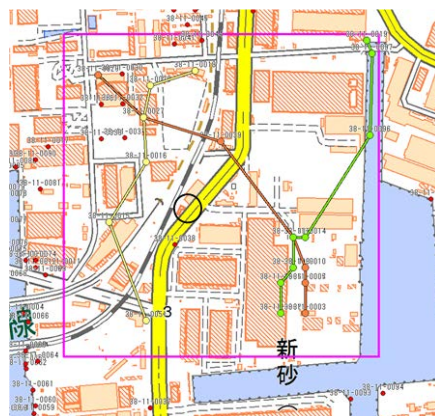


図-6 江東区周辺

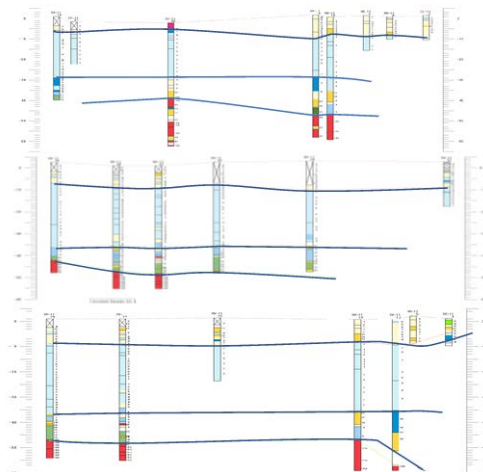


図-7 対比線を入れた地質断面図

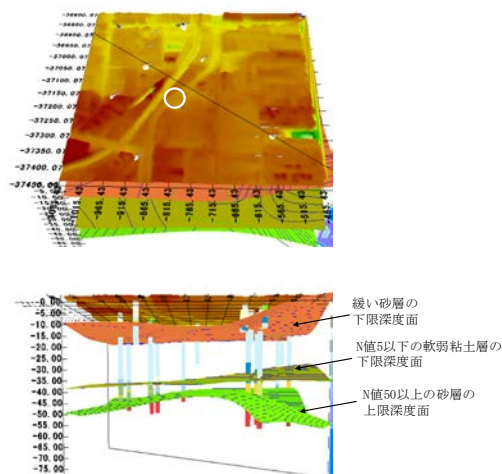


図-8 江東区新砂の3次元地盤モデル

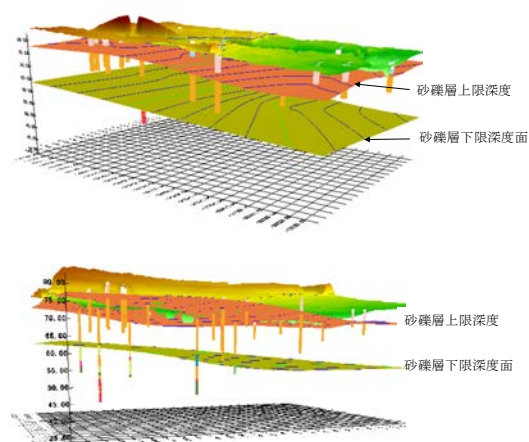


図-9 東村山市三住町の3次元地盤モデル

(2) 事例の紹介

a) 江東区新砂周辺の3次元地盤モデル

対象地域の範囲指定を行い（図中の枠），範囲内にある特定地点（図中丸印）の地盤を推定を行う（図-6）．

枠内にあるボーリング地点を結び、断面線を描く．次に、断面線ごとに並列するボーリング柱状図から、物理特性に注目した対比を行う．

図-7 では、各断面に3本の対比線を引いている．上部の対比線は、液状化の恐れのある緩い砂層の下限深度を結んでいる．中部の線は、N値5以下の軟弱な粘性土の下限を結んでいる．下部の線は支持層となるN値50以上の砂層の上限深度を結んでいる．

これら断面図から3次元地盤モデルが図-8のように描画される．各境界面の推定方法は「Make Jiban」では、Bスプライン法、改良Bスプライン法、ドローネ分割法が用意されている．図-8はBスプライン法を用いて描画したものである．

工事施工箇所にデータがない場合でも、この3次元地盤モデルから特定地点の地盤構造を推定することができる．

b) 東村山市美住町周辺の3次元地盤モデル

空堀川河川改修事業に伴い、この地域の地下水分布とその帯水層の分布を調べることを目的としている．

各断面線では、砂礫層の層厚分布を推定することを目的とすることから、対比線は2本、礫層の上限深度と下限深度を結んだ断面図を作成し、3次元地盤モデルを描画した（図-9）．

選定したエリア内において、帯水層（砂礫層）の分布と、帯水層が緩やかな勾配を有していることが明らかになった．しかし、選択したボーリングデータは17本程度であり、砂礫下限深度に到達しているデータも少ない．このエリアの地盤状況を正確に把握するためには、より多くのデータを収集し、3次元地盤モデルに反映していくことが必要である．

5. おわりに

地盤の3次元モデル化は、ボーリングデータの存在しない地点の地下地盤を推定する上で、有効な方法である．

しかし、推定に当たっては、いくつかの不確実な条件を加えることになるので、出来上がったモデルはそういった仮設の上に成り立っていることも認識しておくことが必要である．地盤の3次元モデル化は端緒にすぎず、今後、多摩東部以外の地域での3次元地盤モデルの作成を試みつつ、このシステムの利用方法や精度向上等の改善を進めていく予定である．

参考文献

- 1) 全国地質調査業協会連合会・日本建設情報総合センター：3次元地盤モデル作成の手引き，pp.1-84, 2017.
- 2) 野々垣進：地質境界面に基づく3次元地質モデリングシステムの現状と課題，情報地質，No.22(3)，pp.131-142, 2011.