

岩級別 3Dモデルの構築と活用

渡邊和臣

株式会社青木建設 技術本部土木設計部 (〒150-8454 東京都港区芝二丁目14-5)

キーワード : 3Dモデル, 岩級別, CAD, 層厚, 地質, 土工計画

1.はじめに

通常の大規模土工事では, 事業計画あるいは施工計画の策定において, 土層の硬軟により掘削方法および掘削コストが大きく異なるため, 土層を硬さごとに4~5の層に分類し, 各土層ごとの土量をあらかじめ算定しておくことが重要な点となる. そのため, 岩級別のモデル精度を高め, 推定した土層が現地調査の結果と整合性のとれたものであることが, 確実な施工計画の策定をしていくためには必要となってくる.

そこで, ここでは既存のボーリング調査や弾性波探査等の地質データを基に, 調査結果と整合性を保った岩級別土層の3次元モデルを構築する手法について説明する.

2.岩級別 3Dモデルの作成

以下の節では, 岩級別土層3次元モデルの構築手法を作業順序に沿って説明する.

(1)表層モデルの作成

(a) 2次元データの作成

既存の紙図面を基に表層(現況地形)の2次元データを作成するには, デジタイズによる入力やラスベク変換ソフトを使用する.

また, 基準点測量や横断測量結果を基に作成する場合は, 座標値から等高線の作成を行う.

最近では検討の初期段階から現況地形のCADデータを入手できるため, 2次元データの作成は簡略できる機会が多い. (図-1 (a))

(b) 3次元データの作成

前項(a)で取り込んだ2次元のベクトルデータに高度情報を付加し, 等高線などの3次元のベクトルデータを作成する. (図-1 (b))

(c)サーフェイスモデルの作成

前項(b)で作成した3次元ベクトルデータの線分間にある空白部分の情報を補完するために, サーフェイスを作成する.

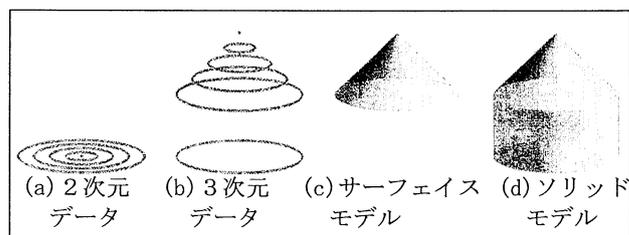


図-1 表層モデル作成手順

表-1 弾性波速度と岩級区分

速度層区分	弾性波速度 (km/sec)	岩級区分	土工区分 (掘削方法)
第1速度層	0.3~0.5	土 砂	ブルドーザ
第2速度層	1.0~1.5	軟岩Ⅰ	リッパ
第3速度層	2.0~2.5	軟岩Ⅱ	発破
第4速度層	3.0以上	硬 岩	発破

さらに次作業の準備として, 対象工事計画の最小標高よりも低い位置に設けた基準面にも, 同様の処理を行う. (図-1 (c))

(d)ソリッドモデルの作成

前項(c)で作成した2つのサーフェイス間でソリッドを作成する. このソリッドを表層モデルとする. (図-1 (d))

(2)岩級別土層データの作成

図面や地質報告書から得られた土層情報は CAD 化し, 図-2 に示すよう3次元的に配置する.

通常, 宅地造成やダム開発は事業範囲が比較的広いので, ボーリング柱状図や代表断面等の局所的な地質情報だけでモデル構築するのでは十分でないことが考えられる. そこで, 対象範囲全域を補ったモデル構築をするには, 上記以外の土層情報を追加する必要がある.

本手法では, 追加する複数の土層情報を効率的に作成するために, 弾性波探査の結果を用いて土層の推定を行う.

弾性波探査から土層の推定を行う場合, 土質条件によって弾性波速度にある程度幅があるため, 施工上の土工区分に対応する目安の速度を設定し, 周辺の地質調査結果と合わせ推定する. (表-1)

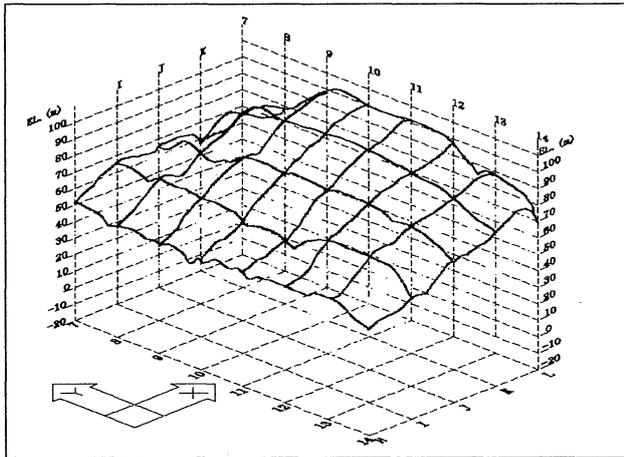


図-2 推定土層線の3次元的配置

さらに、急峻な尾根谷部や特殊な地形部については、補足的に水平断面やボーリングデータを点情報として追加し、地形の起伏に対応する必要がある。

このように、限られた地質データから岩級モデルの精度を向上させるためには、土層の推定断面を作成し追加することが重要となる。

(3) 推定土層データの整合性検証

モデル精度向上のため多くの土層情報を追加した場合、データ間の整合性が保たれているかを検証するのは非常に労力を有する。

そこで、本手法では岩級モデルの作成過程で、下記の2項目について3次元的に不具合のある箇所を自動的に検出するようにした。

【検証項目1. 同一ポイントでの整合性】

図-2の様に格子状に断面線を配置する場合、同じ区分の岩級線は平面交差部で同じ高さであるため、サーフェイス作成時に連続した面が生成できない場合は、エラー情報から異常点の座標値を取得する。

【検証項目2. 岩級構成順序の整合性】

大量土岩工事では、断層や土層逆転部の土量が全体に占める割合は少ないため、作成した土層データの順序が矛盾する箇所については自動検出・自動修正を行う。検出・修正方法は、ソリッド作成時に下層面が上層面を突き抜ける部分を土層逆転部とみなし、面と面の交差部から3次元の逆転範囲線を自動的に作成する。さらに、範囲線内にある下層面部を上層面データへ置換える。これにより、上層の層厚は無いものとして処理され、岩級の逆転等は発生しなくなる。

(4) 層厚モデル作成

層厚モデルとは、異なる形状、高度を持つ2つのモデル間の高度差情報を持ったソリッドである。

これは、3次元に配置した表層と1層目の推定断面線から各層毎に線分間の空白部分を補完したサーフェイスを作成し、このサーフェイス間でソリッドを作成することでできる。(図-3)

層厚をソリッド情報にすることで上層と下層の高度差情報を任意のXY平面で取得できる。

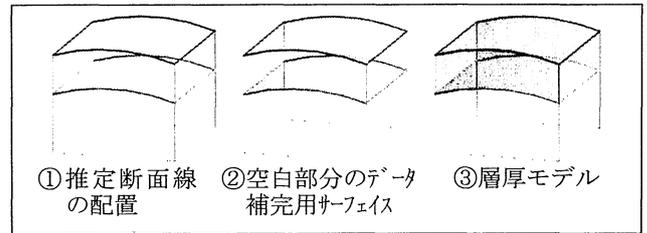


図-3 層厚モデルの作成手順

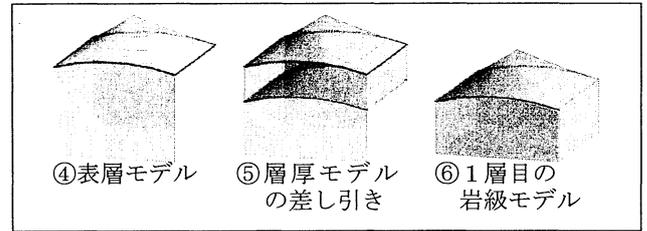


図-4 岩級別モデルの作成手順

(5) 1層目の岩級モデル

前節(1)で作成した表層モデルから、前節(4)の層厚モデルの体積を差し引くことで一層目の岩級モデルが作成できる。(図-4)

(6) 2層目以降の岩級モデル

2層目以降の岩級モデルは、本章の節(4)～(5)の表層モデルを1層目モデルに置き換え、順次繰り返すことで下層の岩級モデルが作成できる。

3. 岩級別3Dモデルの施工計画での活用例

ベンチカット施工では標高毎に発破重機の作業範囲が変わるため、施工計画の策定にあたっては、極力重機の待機がないような編成とする必要がある。そこで、効率的な重機編成の検討するために岩級モデルから作成した標高毎の水平断面図を活用した。

検討は、1・2・4列の3編成それぞれについて作業範囲(1列:2m, 2列:4m, 4列:6m)を短冊形のモデルにし、各標高で発破対象部(軟岩Ⅱ・硬岩)の形状に合わせ配置した。これにより重機の稼働状況が時系列に把握でき、工程に合わせた最適セットの選定が行えた。

また運土計画では、標高毎に岩級の面積区分・重心位置・土量・運搬距離を水平断面図から求め、運搬重機のセット数と積込位置の組み合わせを複数案検討することで効率的な計画策定ができた。

その他では、計画形状検討(岩級を考慮した法勾配)、数量計算(土量、平・斜面積、水平・斜距離)、CG作成などで活用事例がある。

4. まとめ

本手法により構築した土層モデルは当初推定した断面情報を完全に保持し、かつ任意の場所で縦横断・等高線・斜面勾配等の情報を抽出できる。これは、岩級別土層を考慮する検討を行う場合、様々な目的に合った情報を提供するベースになると考えられる。