

3D サーフェスを用いた土量計算

エンジニアリング本部 防災・環境解析部

鬼追 佳史

1. はじめに

道路・宅地の造成、港湾の埋め立て等の土木工事において、設計土量の算出には主に平均断面法が用いられてきた。しかし、平均断面法は断面積と断面間距離を用いて平均化した土量を算出するため、計算土量は実際に発生する土量との間には誤差が生じる。

近年ではレーザ測量等による詳細な地形データ、及びその地形データを取り扱うことができる高性能な CAD ソフトが利用できるようになっており、3D サーフェスを用いて、平均断面法よりも詳細な土量計算を行う環境が整ってきている。

本稿では、いくつかのサンプリング領域において 3D サーフェスを用いて算出した詳細な計算土量と従来の平均断面法による計算土量を求め、その土量にどれくらいの差があるか比較・検証を行った。

2. 検証環境

2.1 使用データ

今回の検証では、国土地理院から無償で公開されている基盤地図情報-数値標高モデル(5mメッシュ)を地盤データとして使用した。

公開サイト > <http://fgd.gsi.go.jp/download/>

2.2 使用ソフト

三次元データの処理(3D サーフェスを用いた土量計算、断面図作成)には、Autodesk 社の AutoCAD

Civil 3D(以後、Civil 3D という)を使用した。

2.3 現況地形の作成

Civil 3D を使用して数値標高モデル(5mメッシュ)から現況地形を作成した。

数値標高モデル(5mメッシュ)は地理情報標準準拠 XML 形式データとなっているため、Civil 3D で使用するためにはデータの変換が必要となる。そのため Autodesk 社から配布されている拡張ツール「AutoCAD Civil 3D 2015 日本仕様(J ツール)」を使用して変換処理を行った。

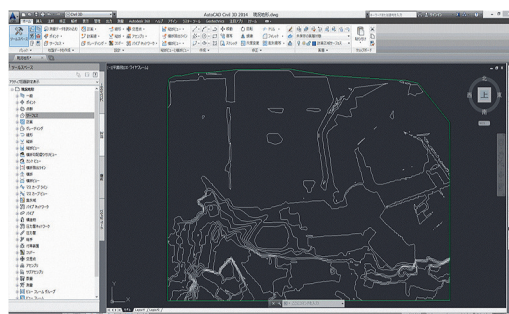


図 1 現況地形(2D)

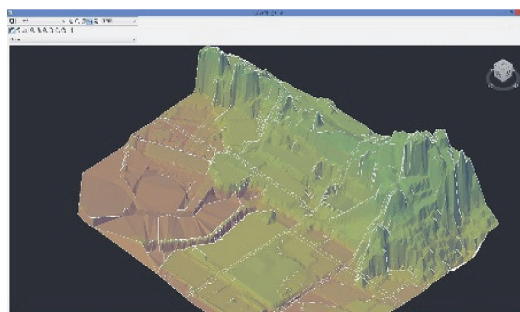


図 2 現況地形(3D)

2. 4 計画地形

造成の対象は、現況地形の中で地形の起伏状態が異なる3カ所のサンプリング領域において、500m×500mの区域を設定した。区域の設定状況は図 3 に示す通り。

これらの範囲を盛土により標高 5m に造成することとし、計画地形とした。



- ・区域 1:
起伏が多い地形
- ・区域 2:
起伏が少ない地形
- ・区域 3:
起伏がほぼない地形

図 3 検証区域の設定

理し、「3. 1 平均断面法について」に示す式により土量計算を行った。

本稿では、断面間隔を 100m とした場合、及び 50m とした場合の 2 パターンについて検討を行った。

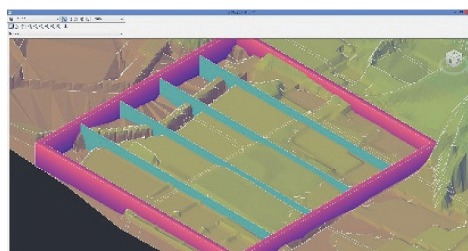


図 4 断面図の作成箇所

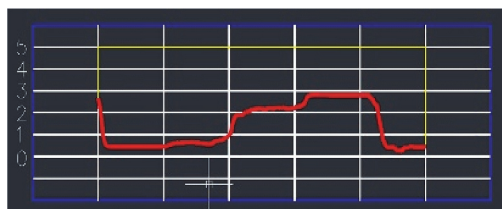


図 5 断面図

断面間隔を 100m とした時の各断面における断面積、断面間隔、及び断面間土量を以下に示す。

3. 平均断面法での土量計算

3. 1 平均断面法について

平均断面法は、隣接する2つの基準断面の面積の平均値に断面間距離を乗じることによって、断面間の土量(体積)を算出する計算法である。

隣接する2つの基準断面の面積を「A1 (m²)」、「A2 (m²)」、断面間距離を「L (m)」とした場合、土量(体積)「S (m³)」を求める式は以下となる。

$$S = (A1 + A2) / 2 \times L$$

3. 2 平均断面法での土量計算

Civil 3D の機能を用いて断面図を作成し、更に断面図から断面積を求めた。その結果を Excel 上に整

表 1 平均断面法での土量計算

断面番号	断面間距離	断面積 (m ²)	断面間土量 (m ³)
1		14.173	
2	100	11.788	129.804
3	100	9.854	108.212
4	100	10.637	102.458
5	100	11.912	112.747
6	100	7.913	99.126
		範囲内土量 (m ³)	552.347

4. 3D サーフェスを用いた土量計算

4. 1 土量計算

3D サーフェスを用いた土量計算では、サーフェスという標高データの 3 次元モデルデータを用いており、「基準となるサーフェス(現況地形)」と「比較する

サーフェス(計画地形)」の形状の差分より土量を算出する。

地形データを“断面”ではなく、“一連の立体”として捉えた計算が行われるため、平均断面法よりも精度の高い土量計算が行える。本検証では、「2. 2 使用ソフト」に記載のとおり、Civil 3D を使用して 3D サーフェスを用いた土量計算を行った。

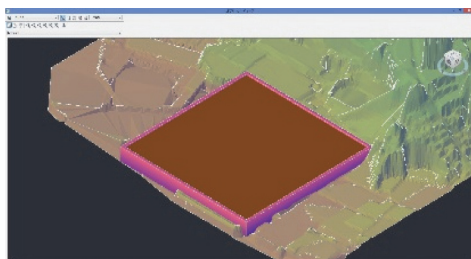


図 6 計画地形

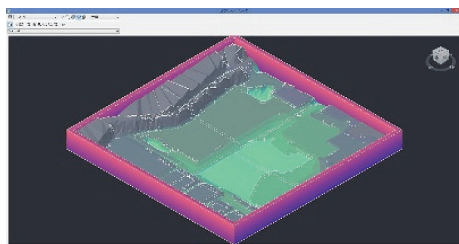


図 7 土量計算結果を視覚化

5. 計算結果の比較

3D サーフェスを用いた土量計算結果と平均断面法(100m 間隔)により求めた土量計算結果を表 2 に示す。

表 2 土量計算結果(100m間隔)

エリア	A:サーフェスを用いた算出	B:平均断面法 [100間隔]	差分 [A-B]	全体土量と比較 [(A-B)/A]
区域 1 (起伏 多)	639,389	634,088	5,301	0.83%
区域 2 (起伏 少)	554,916	552,347	2,569	0.46%
区域 3 (起伏 なし)	496,531	497,204	674	0.14%
	単位(m3)		単位(%)	

精度の高い 3D サーフェスを用いた土量計算結果と断面間の起伏を考慮できない平均断面法による計算結果を比較すると、起伏が多い「区域 1」では 5,301 m³ と差が大きく、起伏が少ない「区域 2」では 2,569 m³、起伏がほとんどない「区域 3」では 674 m³ と、起伏の状態が滑らかなになるにつれて、差が小さくなっていることが分かる。

上記は想像通りの結果であるが、起伏が多い「区域 1」でも全体土量と比較すると、その差は 0.83%と 1%に満たない差となっており、(全体土量のボリュームにもよるが)概略土量を算出する目的であれば、平均断面法は有効な手法であることを改めて認識した。

続いて、平均断面法の断面間隔を 50mに狭めることでどのくらい土量計算の精度が上がるかの確認を行った。

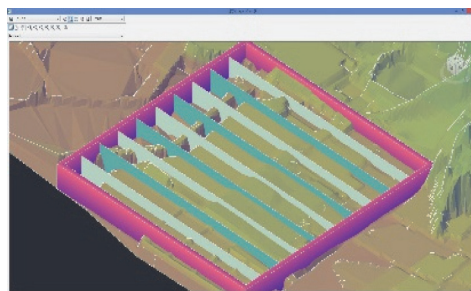


図 8 断面図の作成箇所(50m間隔)

3D サーフェスを用いた土量計算結果と平均断面法(50m 間隔)により求めた土量計算結果を表 3 に示す。

表 3 土量計算結果(50m間隔)

エリア	A:サーフェスを用いた算出	B:平均断面法 [50間隔]	差分 [A-B]	全体土量と比較 [(A-B)/A]
区域 1 (起伏 多)	639,389	640,202	812	0.13%
区域 2 (起伏 少)	554,916	554,537	379	0.07%
区域 3 (起伏 なし)	496,531	496,153	378	0.08%
	単位(m3)		単位(%)	

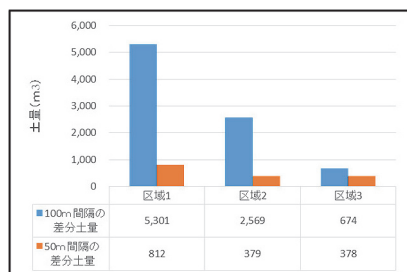


図 9 3D サーフェスを用いた算出との比較

断面間隔を 50m に狭めることにより、平均断面法を用いた計算土量と 3D サーフェスを用いた計算土量の差は、起伏がある「区域1」、「区域2」ではおよそ 1/7、起伏がほとんどない「区域3」ではおよそ 1/2 に縮まった。

平均断面法を用いた計算土量で精度の高い土量計算を行うためには、断面間隔を限りなく狭くすれば良いと考えられるが、間隔を狭くすればするほど計算の手間が膨大となる。

一方、3D サーフェスを用いた計算土量では基準となるサーフェスと比較するサーフェスの作成を行えば広範囲であっても精度の高い土量計算ができる。

6. まとめ

3D サーフェスを用いた土量計算と平均断面法による土量計算によって求められた値を実際に比較したところ、土量全体を母数とした場合、大きな差がないことが分かった。

しかしながら、以下の点を考慮すると、3D サーフェスを用いた土量計算を利用の方が効率的に精度の高い土量計算が行えると思われる。

- ① 平均断面法による土量計算では考慮できない断面間の起伏を考慮した詳細な土量が算出できる。
- ② 計算処理はソフトが行ってくれるため、計算範囲が広域にわたっても、それほど手間は変わらない。
- ③ 国土交通省において CIM (Construction Information Modeling /Management) 導入の取組みが進められている。CIM データは「設計」→「施工」→「維持管理」の各フェーズで引き継がれていくため、地形データは設計の早期段階で整備される必要があり、3D サーフェスを用いた計算では、この地形データをそのまま土量計算に利用できる。

詳細な測量データや高性能な CAD ソフトが利用できるこの先は、色々な土木工事で 3D サーフェスを用いた土量計算が主流となっていくと思われる。

<参考文献>

- 1) 「Autodesk AutoCAD Civil 3D」
(<http://docs.autodesk.com/CIV3D/2012/JPN/landing.html>)
- 2) 「マルチビーム測深機によるダム貯水池堆砂測量について」
(http://www.dc.ogb.go.jp/Kyoku/kengyo/kokudo_kenkyukai/20130718_sougou/pdf/ronbun/ronbun_20.pdf)